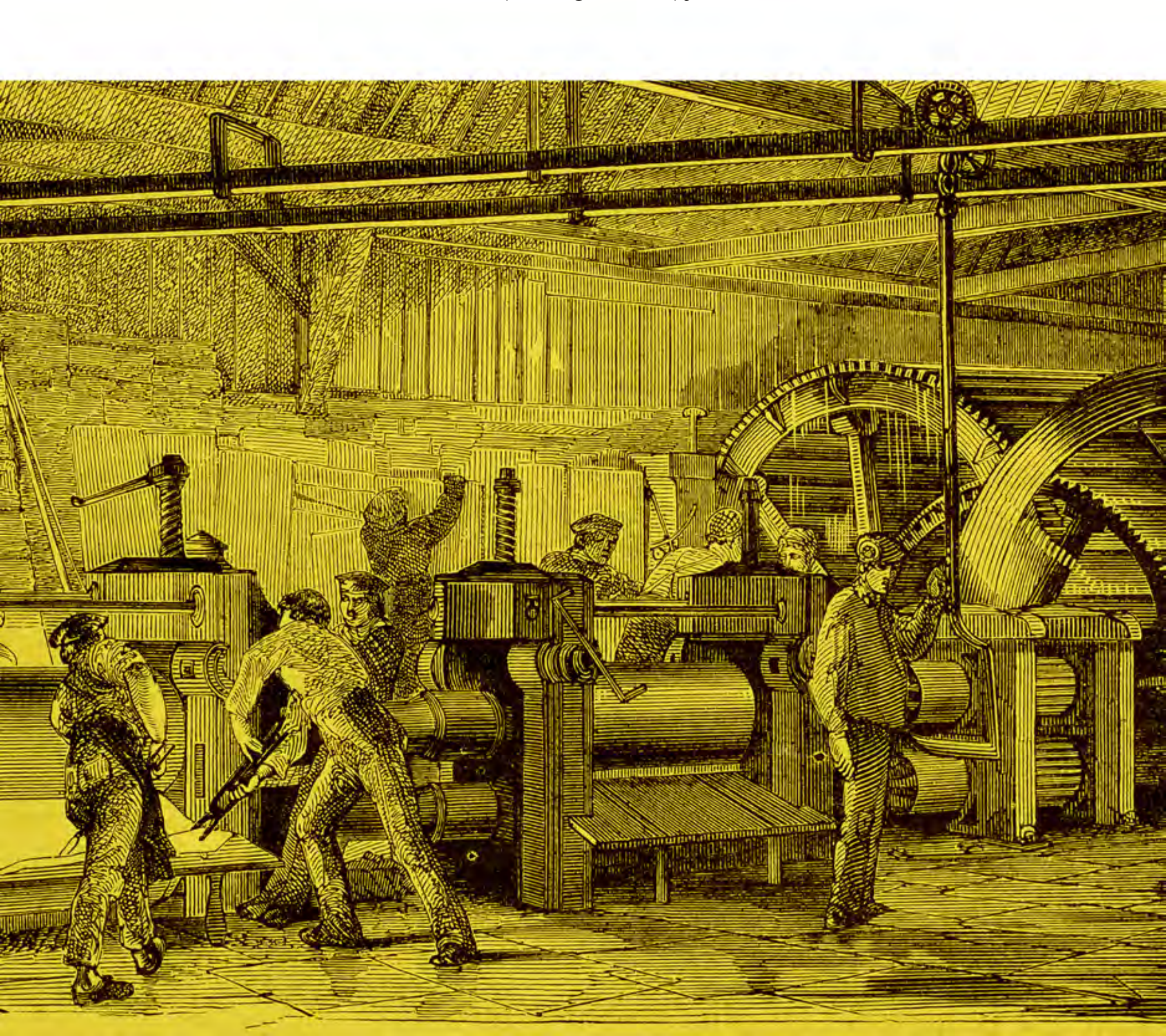
آر إيه بوكانان

الآلة قوة وسلطة

التكنولوجيا والإنسان منذ القرن ١٧ حتى الوقت الحاضر

ترجمة شوقي جلال



الآلة قوة وسلطة

التكنولوجيا والإنسان منذ القرن ١٧ حتى الوقت الحاضر

تأليف
آر إيه بوكانان

ترجمة
شوقي جلال



الآلة قوة وسلطة

آر إيه بوكانان

The Power of Machine

R. A. Buchanan

الناشر مؤسسة هنداوي
المشهرة برقم ١٠٥٨٥٩٧٠ بتاريخ ٢٦ / ١ / ٢٠١٧

يورك هاوس، شييت ستريت، وندسور، SL4 1DD، المملكة المتحدة
تليفون: ‎+ ٤٤ (٠) ١٧٥٣ ٨٣٢٥٢٢
البريد الإلكتروني: hindawi@hindawi.org
الموقع الإلكتروني: https://www.hindawi.org

إنَّ مؤسسة هنداوي غير مسئولة عن آراء المؤلف وأفكاره، وإنما يعبِّر الكتاب عن آراء مؤلفه.

تصميم الغلاف: يوسف غازي

الترقيم الدولي: ٩٧٨ ١ ٥٢٧٣ ٣١٨٤ ٦

صدر أصل هذا الكتاب باللغة الإنجليزية عام ١٩٩٢.
صدرت هذه الترجمة عام ٢٠٠٠.
صدرت هذه النسخة عن مؤسسة هنداوي عام ٢٠٢٣.

المحتويات

سنوات العُمر وحصاد الهشيم

نشأتُ في أحضان الحركة الوطنية لاستقلال ونهضة مصر، التي استعانَت بالكفاح المُسلَّح حينًا، واستطاعَت على مدى قرن من الزمان وحتى منتصف العشرين أن تُعيد لمصر وعيَها بذاتها بعد غيابٍ امتدَّ قرونًا بفعل قوى الكولورونالية والإمبريالية، ابتداءً من الفُرس ومرورًا بالرومان والعرب والمماليك والأتراك.

ومع انتصاف القرن العشرين شَهِدت مصر تحوُّلًا سياسيًّا قسريًّا يحمل ظاهريًّا بعض شعارات الحركة الوطنية، وإن أنكَرها واستنكرها في الممارسة العملية، بدلًا من أن يكون امتدادًا لإيجابياتها بشأن الديمقراطية ونظام حكم المؤسَّسات والفصل بين السُّلطات، وتَرسَّخ مَطلب الحريات وحقوق وواجب الإنسان المصري العام في المشاركة المُنظَّمة مؤسَّسيًّا لإدارة شئون مجتمعه وبناء مستقبله.

البداية لي مع عام ١٩٣١م ... مصر في وعيِ جيلي إرادةٌ وعزم صادقان على النهوض، التحرُّر من الاستعمار، العدالة الاجتماعية ومحاربة الفقر والفساد والحفاء، التحديث الاجتماعي واللحاق بالحداثة الأوروبية فنًّا وأدبًا وعلمًا وإنجازاتٍ مادية (تكنولوجيا) ... ومصر قوةٌ إنتاجية واعدة، يحفظها حُلمٌ مُؤسَّس على تاريخٍ حضاري سالف وواقعٍ واعد، وإن ضاقت ساحته بصراع المتناقضات، ورؤًى مُبشِّرة في المستقبل الذي يليق بمكانة مصر ... مصر فجرُ الضميرِ والمجدِ الحضاري التليد.

نشأتُ في واقع حضاري ثوري أسهَم في تأسيسه نِضالُ أجيالٍ ثلاثة قبل جيلي، استيقظَت بدايةً على ضوء مدافع الغرب، وأفاقَت وتململَت تدعو وتُحفِّز، تُبشِّر وتُنذِر، واستهلَّت مشروع التحديث إلى أن خطت أول الطريق في عهد «محمد علي» الذي أشرت في كتبي إلى أنه كان مُناسَبةً لا سببًا ... ومن هنا مصر ثقافة جديدة ... مصر الوطن والمواطَنة

تستوعب الموروث بعقل نقدي جديد ... ثقافة الوعي بالذاتية التاريخية بعد جهود متوالية من الغُزاة على مدى أكثر من ألفَي عام لطمسِ هذه الذاتية والانسلاخ عنها ... استعادت مصر اسمها وتاريخها على يدَي الأزهريِّ رفاعة الطهطاوي، واستعادت ذاتيتَها الوطنية على أيدي فلَّاحي مصر العسكريين أحمد عرابي ورفاقه.

تربَّيت مثلما تَربَّى جيلي على قِيم الحُرية والتحرير والتغيير ... ثقافة التسامح مع المذاهب الفكرية والعقائد الدينية ... كتُب مَن كتَب «لماذا أنا مُلحِد؟» مثل أدهم، أو «لماذا أنا مسلم؟» مثل عبد المتعال الصعيدي. وانتقدهما مَن انتقدهما دون أن يُفسِد النقدُ للودِّ قضيةً ... وكانت مصر قِبلة المُتعطِّشين إلى الحداثة من المُثقَّفين العرب ... ولم يكن الجوار بعدُ ناهضًا ولا مناهِضًا أو مُزاحِمًا ... مصر هي الكلمة، ومصر هي الفعل.

وشَهِدَت مصرُ التي عشتُها وملأَت عليَّ وجداني وعقلي الكثيرَ من أعلام الفكر والأدب والعلوم والفنون والرياضة ... كانوا النجوم الهادية، مثل مشرفة الذي ذاع عنه باعتزازٍ مصري أنه نظير آينشتاين، والشيخ علي عبد الرازق، والشيخ جمال الدين الأفغاني، والشيخ محمد عبده، وطه حسين، وسلامة موسى، ومختار النحات العظيم، ورءوف صروف، وشبلي شميل، وجورجي زيدان، وروز اليوسف، وهدى شعراوي، ومي، وسيد درويش، وداود حسني، ومحمد عبد الوهاب، وأم كلثوم ... ولمعت أسماءُ رياضيين دوليين في السباحة وكرة القدم والشيش ... هؤلاء وغيرهم نجومٌ سواطعُ تَهدينا إلى الطريق، وتُحفِّزنا للاقتداء بهم باسم مصر ومن أجل مصر.

وتعلَّمتُ في مدرسة ثانوية خيرية؛ أي للفقراء، ولكن استمعت فيها لأول مرة إلى فاجنر معزوفًا على شاشة مسرح المدرسة، وتربَّيت كما تربَّى أقراني على كتبٍ مثل «تاريخ الأديان في العالم» دون حساسية أو انحياز، ومجلات ثقافية مثل: «مجلتي»، و«الرسالة»، و«الثقافة»، و«الكتاب»، و«الكاتب»، و«المقتطف»، و«الفصول» ... ولن أنسى مجلةً تنويرية أسبوعية ساخرة هي «البعكوكة»، الواسعة الانتشار، وإحدى شخصياتها الأسبوعية الناقدة «الشيخ بعجر» الذي نقرأ على لسانه نقدًا ساخرًا للمتنطِّعين باسم الدين.

وشاهدَت مصر الغنية بالمتاحف العلمية نهضةً مُواكِبة من المدارس الفكرية والعلمية، فجاءت نشأةُ جامعة القاهرة ببعضِ الجهد النضالي والتحدي ضد الاستعمار، وضمَّت الجامعة أسماء أعلام أسهموا بجهدٍ مُتميِّز وتاريخي: شفيق غربال، وإبراهيم حسن، وأحمد أمين، في الأدب والتراث، ويوسف مراد مُؤسِّس مدرسة علم النفس التكاملي، ومصطفى زيور مُؤسِّس مدرسة علم النفس التحليلي، وعبد العزيز القوصي في علم النفس التربوي ... وغيرهم وغيرهم في العلوم والفنون والآداب.

ونشطت في مصر حركةُ الترجمة العلمية المرتبطة بالهدف القومي واستيعاب علوم وفكر العصر، وتوظيف ذلك لبناء مصر الجديدة، وإذا كانت جهود الترجمة في العصر الحديث بدأت على يدَي رفاعة الطهطاوي ومدرسة الألسن، فحَريٌّ أن نَذكر بقدرٍ كبير من الزهو لجنةَ التأليف والترجمة والنشر التي رأسها أحمد أمين، وقدَّمت ثروةً من الإنجازات البالغة الأهمية بمقاييس العصر، وكانت نموذجًا احتذَته مجتمعاتٌ عربية أخرى. وكم شعرتُ بالفَخَار عند زيارتي للجنة التأليف والترجمة والنشر في الرباط بالمغرب، وقال لي رئيسها إننا هنا نقتدي بمصر.

تحدَّدَ طموحي، مثل أقراني وأبناء جيلي، في النضال من أجل مصر الحُرة ... الواعية في اعتزاز بتاريخها ... الجادة في سعيها لبناء مجدها الحضاري العصري، اعتمادًا على سواعد وعقول أبنائها، والعمل على إنتاج وجودها الحديث المادي والفكري إبداعًا ذاتيًّا، وانتماءً نقديًّا إلى العالم المتقدِّم ... وكان طموحي أن أكون مثل مَن أُشرِبَت نفسي بعِلمهم وثقافتهم وقِيمهم، وأن أُسهِم إيجابيًّا في بناء مصر الحُرة/المستقلة/المنتِجة ...

وسعيتُ على الرغم من تعدُّد السُّبل إلى أن أكون إيجابيًّا في جهدي لذلك بمداوَمة الفكر والتفكير دون قيود غير العقل الناقد، والاطِّلاع على كل جديد من غير انحياز أو عُقَد، وأن أُتابِع فكر وجهود الساعين إلى ذلك من خلال التنظيمات والأحزاب ... واستطعتُ الانتصار على قيود ومحاذير الفقر بالاعتماد على نفسي، ولكن العَقَبة الأخطر في الطريق هي سنوات الاعتقال السياسي المُتقطِّعة على فتراتٍ دونَ محاكَمة، وبلغ مجموعها اثنتَي عشرة سنةً بدأت عام ١٩٤٨م، وحتى نهايتها ١٩٦٥م. وحاوَلت أن أنتصر على قسوة وآلام التعذيب في السجون والمعتقلات، من السجن الحربي إلى ليمان أبي زعبل؛ حيث كُنَّا نعيش حُفاة الأقدام، شِبه عُراة الأبدان، نَشقى في عمل تكسير الزلط تحت وَطْأة الشمس الحارقة، والسِّياط اللاهبة، والسِّباب المُقذِعة، والشتائم المُهينة الجارحة، ولم أتخلَّ عن طموحي وجهدي من أجل مصر ... مصر العقل الجديد.

وبدأتُ الكتابةَ أول الأمر وأنا طالب بالجامعة، في سلسلة «كتابي» التي يُصدِرها حلمي مراد ... وأول موضوع كتبته عام ١٩٥٣م بعنوان «مُذكِّرات الولد الشقي»، وهو تلخيص لمذكرات تشارلز داروين. ولكنني لم أرَه بسبب الاعتقال.

ولكي أتجنَّب خيوطَ المنع والحظر رأيت أن أتكلَّم بلسانِ غيري، مع إضافة رأيي في مُقدِّمة وهوامش؛ ومن هنا اتَّخذتُ الترجمة وسيلةً لكي أبدأ مشروعي «تغيير العقل المصري العربي»، وصدَر لي عام ١٩٥٧م عن دار النديم كتابان هما: «السَّفَر بين الكواكب»، وهو

أول كتاب علمي مترجم عن علوم ورحلات الفضاء، صدَر بمناسبة إطلاق الكلبة لايكا إلى الفضاء. والكتاب الثاني «بافلوف، حياته وأعماله»، وهو أيضًا أول كتاب علمي مترجم عن هذا العالِم الروسي الفَذِّ الذي كنت أعتزم أن أرصد له جهدي في دراستي الجامعية العليا. ثم انقطعتُ عن الكتابة والترجمة ثانيةً سنواتٍ سبعًا بسبب الاعتقالات السياسية، وعلى الرغم من كل ما عانيتُه في المعتقلات تطوَّعتُ — وأنا المستقل سياسيًّا غير المنخرط في أي تنظيم — بعد هزيمة ١٩٦٧م، لكي أحملَ السلاح دفاعًا عن بلدي مصر، ولكن جهات الأمن السياسي استدعَتني وحذَّرتني وطالَبتني صراحة: «انت لأ ... تقعد في البيت.»

وواصلتُ جهدي في التحدُّث بلسان الآخرين، وقدَّمت ترجمةً لرواية «المسيح يُصلَب من جديد» تأليف نيقوس كازانتزاكيس، الذي عشقتُ كتاباته وشعرت بنوع من التماهي معه. وتوالت الترجمات التي لا يَعنيني كَمِّيتها التي تجاوَزت الستين، ولكن يَعنيني أنها مختاراتي من بين قراءاتي، وملتزمة جميعها بمشروعي من الانتقال إلى العقل العلمي، والتحوُّل عن ثقافة الكلمة إلى ثقافة الفعل.

وبدأتُ التأليف في تكاملٍ مع مشروع الترجمة، وصدر لي أول كتاب عام ١٩٩٠م بعنوان «نهاية الماركسية!» وهدفي منه نقد الثقافة العربية في التعامُل النصي الأرثوذكسي مع الفكر العالمي، متخذًا الحديثَ المتواتر عن سقوط الماركسية مثالًا، مع فصل بعنوان «هل سقطت الليبرالية؟» وأتبعتُ هذا بكتابٍ عنوانه «التراث والتاريخ»، وهو رؤيةٌ نقدية لأخطاء ثقافية شائعة في حياتنا، وحاكمة لنا، عن العقيدة والموروث الثقافي وفهم التاريخ.

وصدر كتابي الثالث بعنوان «العقل الأمريكي يُفكِّر: من الحرية الفردية إلى مسخ الكائنات»، وهو دراسة أكاديمية تُعطي بانوراما لتطوُّر العقل الأمريكي السائد على مدى ١٦٠ عامًا، ابتداءً من الآباء المُؤسِّسين لتصحيح صورة أمريكا المُدَّعاة في حياتنا، ومجابَهة الحقيقة، وأُؤكِّد فيه العلاقة الجدلية بين الفكر والواقع العملي نشأةً وتطوُّرًا، وأن الفكر هو مُنتَج الفعل الاجتماعي في تطوُّر جدلي مُطَّرد، مستشهِدًا بتطوُّر الفكر/الفعل الأمريكي في مجالات الفلسفة/العلم/الآداب والفنون، مُوثِّقًا ذلك بنصوصٍ لأئمة الفِكر الأمريكيِّين.

وبلغ مجموع مُؤلَّفاتي أربعة عشر عنوانًا، آخِرها «الشك الخلَّاق في حوار مع السلف»، وأعكف منذ سنوات على إصدار دراسة عن انتحار الحضارات ... كيف سقطت بفعل أبنائها وأوَّلُهم رجالُ الدين، حين تكون لهم السُّلطةُ دونَ العقل؛ أي لأسباب داخلية أولًا وليست خارجيةً فقط. وذلك في ضوء ما نشاهده اليومَ من جماعات تُدمِّر وتنتحر وتَنحر مَن حولها باسم إحياء حضارة تفكَّكت وسقطت وتأخَّر تأبينها قرونًا.

قضايانا المُلِحَّة عديدة ومتكاملة، ومن هذه القضايا التي عرضتها في كتبي:

(١) إعادة بناء الإنسان المصري الذي تعمَّد الغُزاة والحُكَّام المُستبدُّون انسلاخَه عن تاريخه وعن هُوِيته؛ ولذلك لا تتوفَّر نظريةٌ جدلية متكاملة لتاريخ مصر منذ القِدم، وقد حاوَلها صبحي وحيدة، والدكتور حسين فوزي سندباد مصري، ومحمد العزب. وتلزم الإجابة على سؤال: ماذا أصاب الإنسان المصري على مدى التاريخ حتى أصبح على هذه الحال من السلبية واللامبالاة؟ حتى لا نُردِّد ما قاله المقريزي وغيره: «قال الرخاء أنا ذاهب إلى مصر، فقال الذلُّ وأنا معك».

ثم إننا نعيش الآن في عصر أو حضارة الإنسان العام المشارِك إيجابيًّا، عن علمٍ وقدرةٍ، في إدارة شئون أُمَّته مع مسئوليته عن الإنسان والبيئة في العالم. ويتناقص هذا مع الظروف التاريخية وحياة الاستبداد والقهر التي صاغت الإنسان المصري، وباتت موروثًا اجتماعيًّا وثقافةً نافذة.

وحَرِي أن نتخلَّى عن الالتزام بإنجاز ما أُسمِّيه المعادلة المستحيلة؛ ألَا وهي نزعة المواءمة أو الجمع بين حضارة العلم والتكنولوجيا والعقل العلمي النقدي، وبين الموروث الثقافي المُتحجِّر الذي انتهى عصره. وإن أوَّل مَعالم الطريق إلى النهضة الحضارية إنما يتجلَّى بدايةً في سقوطِ هَيبة السلف والفكر السلفي وعبادة السلف في أذهان العامة، ومن ثَم إحلال ثقافة التغيير والتطوير باعتماد العقل العلمي النقدي؛ لذلك نُؤكِّد دائمًا أن لا نهضة لمصر إلا بنهضة الفلاح المصري في قُرى ونجوع الشمال والجنوب، هذا الفلاح هو مصر، الذي ظلَّ يحمل على فَودَيْه رسمًا نزعم سخريةً أنه عصفور ... وهو حورس الحامي.

(٢) اتساقًا مع هذا نحن بحاجة إلى دِراسة العلاقة العكسية بين الاستبداد والإبداع ... الاستبدادُ يصنع روبوتًا فضيلتُه الطاعةُ دون حق السؤال، والحريةُ هي صانعة الإنسان ... الحرية كما يقول فيلسوف العلم دانييل دنيت هي القوة الحافزة للتطوُّر الخلَّاق للحياة منذ نشأتها حتى بلغت مرحليًّا أعلى صورها في صورة الجهاز العصبي للإنسان.

(٣) المُثقَّفون المصريون مسئولون أولًا وأساسًا عن واقع حال مصر الراهن؛ إذ بدأ المُثقَّف الحديث مُوظَّفًا تابعًا للسُّلطة الحاكمة وقد نشأ وتربَّى على ثقافة الطاعة، بينما المُثقَّف المستنير هو مَن يحافظ على مسافة نقدية فاصلة بينه وبين ذوي السلطان؛ أي سُلطة دينية، أو سياسية، أو عقائدية؛ لكي تتهيَّأ له فرصةُ الرؤى في عقلٍ نقدي يُنير بها الطريق إلى المستقبل.

(٤) سبَق أن ذكرتُ في كتابي «أركيولوجيا العقل العربي» أن التراث الثقافي الذي عاش ممتدًّا في الزمان التاريخي الاجتماعي، وإنْ أخَذ مُسمَّيات دينيةً لاحقة؛ هو التراث الهرمي في مصر … تراث هرمي مُثلَّث المعظمات، لا يزال يُقسِم باسمه المصريون (معظمًا ثلاثًا)، ويحمل هذا التراث صفات وخصائص البيئة والذهنية المصرية، وأراه تراث تحوت أو توت رب الحكمة والقلم في الديانة المصرية، وإن حمل حينًا اسمًا إغريقيًّا … وأرى أن هذا التراثَ هو الحاكمُ للثقافة الشعبية السائدة التي امتدَّت مع حالة الركود الاجتماعي قرونًا. وهذه الثقافة التي تصوغ ذهنيةَ المصري هي التي تُجهِض إرادة وفعالية الإنسان لحساب قوة مفارقة، لها القدسية والفعالية.

ويستلزم هذا تحوُّلًا حقيقيًّا وموضوعيًّا من ثقافة الكلمة والثبات إلى ثقافة الفعل والتغيير … من ثقافة اللسان إلى ثقافة اليد والأداة. وهذا هو ما سينقُلنا طبيعيًّا إلى ثقافة التناقض والحركة كشرط وجودي … الحركة مع التناقض … الفعالية بين «النحن والآخر» … الانتقال من ثقافة الإقصاء المُفضِية إلى الانشقاق والانقسام — دائِنا التاريخي — إلى ثقافة التناقض أو تلازم النقيضَين … إذ إن ثقافة الحركة الفكرية والمادية في جدل مشترك مطَّرد، لا تنشأ ولا تكون إلا بين نقيضَين «نحن والآخر»، ووجود كلِّ طرَفٍ رهْنُ وجودِ الآخر … ولهذا نشأ الحوار الذي هو صراع في إطار الوحدة، أو حركة في إطار التناقض … إن الصورة لا تكتمل ولا نفهمها إلا في دلالاتها الحركية؛ أي وجود النقيضَين، وإلا بدَت مواتًا … وهل الحياة إلا حركة بين نقائض؟!

ويكتمل ما سبَق بالحديث عمَّا اصطلحنا على تسميته أزمة الترجمة في العالم العربي. وسبَق أن تناولتُ هذا تفصيلًا في ضوءِ إحصاءاتٍ ذاتِ دلالة، سواء في كتابي «الترجمة في العالم العربي» أو في تقرير التنمية الإنسانية للأمم المتحدة ٢٠٠٣م. وتُؤكِّد الدراسة أن الترجمة مُتدنِّية أشد التدني، وطالَبنا — كما سبَق أنْ طالَب عميد الأدب العربي طه حسين — بإنشاء مُؤسَّسة عربية للترجمة. ولكن على الرغم من محاوَلات الإنقاذ وسَتر العورة وإنشاء مراكز ترجمة في عدد من البلاد العربية، مع رصدِ أموالٍ ضخمة في بلدان الخليج، فإنها تُؤكِّد جميعًا تشتُّتَ الجهود دونَ هدف استراتيجي جامع واضح مشترك.

وهذا ما أكَّده أيضًا التقرير العربي الأول للتنمية الثقافية؛ إذ أوضَح تقريرُ عام ٢٠٠٧م أن المُناخ السياسي المُتَّسم بالاستبداد والقهر وغياب الحريات أدَّى إلى انتعاش الظلامية والفكر الأصولي السلفي المتطرِّف. وأشار إلى أن هذا المُناخ هو المسئول عن انصراف الإنسان العربي عن ثقافة تحصيل العلم، وعن الاهتمام بالقراءة وبالبحث.

والرأي عندي أن واقع حال الترجمة، بعيدًا عن الشكليات والأرقام الصمَّاء، ليس أزمة، بل هو موقف ثقافي اجتماعي من المعرفة والإبداع والتجديد قرين الفعالية المجتمعية لإنتاج الوجود الذاتي. ولا يستقيم الحديث عن الترجمة دونَ الحديث عن الفعل الإبداعي المجتمعي والفضول المعرفي ... الفعل والفكر الاجتماعيان في اقترانٍ جدلي تطوُّري ... وهذا غير وارد في ثقافتنا؛ ثقافةِ الإقصاء والاكتفاء الذاتي بالموروث ... ولا يستقيم كذلك دونَ الحديث عن الإنسان، وتغيير الواقع بإرادة ذاتية، وبالانخراط كقوة فاعلة إيجابيًّا في الفعل والفكر العالميَّين؛ أي الانخراط في الحداثة انخراطًا إبداعيًّا ذاتيًّا تكامليًّا في تطوُّر مرحلي ... أعني الوحدة مع الصراع في العالَم الحديث؛ فهذا شرط التغيير الجذري الحضاري نحو واقع مصري يُبدعه الإنسان المصري.

والآن وقد تجاوزتُ التسعين من العمر أنظر إلى الحياة نظرةَ مُودِّع، أراني أفتقد مصر التي كانت في خاطري، وأرى أن مصر على مستوى الإنسان العام تغوص على نحو غير مسبوق في وحل اللامعقول الموروث، مصر لم تَعُد مجتمعًا، بل أصبحت تجمُّعًا سكنيًّا، وقد أُضيفُ ما أضافه لي الصديقُ الأجلُّ أنور عبد الملك، وهو أنها باتت تجمُّعًا سكنيًّا لغرائزَ مُنفلِتة ... أفتقد مصرَ الحلم الحافز، مصر الوعي الموحد تاريخيًّا، مصر الوطن والمواطَنة، مصر الواقع المشحون بإرادة الفعل والفكر والحركة الجماعية ... مصر المستقبل ... أفتقد كل هذا ولا أرى غير فرط العمر والركض وراء السراب.

ولكن تحت الرماد جذوة نار قد تتأجَّج ويشتد لهيبها ... ومن بين رُكام الفوضى ينبثق الأمل ... هكذا علَّمنا التاريخ ... ومياه النيل لا ترتَدُّ أبدًا إلى وراء.

شوقي جلال

تصدير

تساعدنا فكرة الثورة التكنولوجية على تحديد وتفسير ظاهرة من أهم ظواهر الحياة المعاصرة، وتتمثل هذه الظاهرة في واقعِ أننا، في القرن العشرين، نعيش غِمار عملية تغير عميقة ومتصلة. وتختلف هذه العملية عن التغير الدوري للفصول أو عملية الشيخوخة الطبيعية، إنها على الأصح عملية تغير في ظروف الحياة، إذ أصبحت الحياة عملية تحول دائم ومُطَّرِد. وهذا من شأنه أن يزيد من صعوبة فهم الكيفية التي كانت عليها الحياة في عصور سابقة — وهي الشطر الأكبر من خبرة البشر — ولم تشهد هذا النوع من التغير السائد الآن. وكانت القوةُ الدافعة لعملية التغير هذه التجديداتِ التي طرأت على مصادر القوة في صناعة التقنيات وفي وسائل النقل والاتصالات، أي بكلمة واحدة: في التكنولوجيا. والشيء اليقيني أن عملية التغير التكنولوجي اطَّردت زمنًا طويلًا جدًّا منذ أن صارع الرجال والنساء الأوائل من أجل الاستفادة من بيئاتهم، واكتسبوا المزيد والمزيد من قوة الدفع على مدى آلاف السنين. ولكن قوة الدفع هذه تسارعت خلال القرون الثلاثة الأخيرة على نحو غير مسبوق، وترتبت على هذا تحولات بعيدة المدى في ظروف الحياة الاجتماعية والإنسانية بعامة، بحيث يمكن القول إنه بات جديرًا بنا النظرُ إلى العملية كلها معًا وفي شمولها باعتبارها تمثل ثورة تكنولوجية.

وعلى الرغم من أهمية التكنولوجيا في العالم الحديث، فإن أي محاولة لدراستها دراسة فاحصة يغلب عليها طابع التعقد والتقنية المفرطة في تناول موضوعها مما يشوشها ويزيدها التباسًا وغموضًا. ولم يكن يسيرًا خلال القرن الثامن عشر أن نفهم كيف كانت الآلة البخارية تعمل، كذلك فإن العاملين في مجال السكرتارية في عصرنا مهما كانت براعتهم في التعامل مع أجهزة الكمبيوتر الشخصية فإن قليلين جدًّا منهم هم الذين يتمتعون بقدر وافٍ من فهم طريقة عمل هذه الأجهزة. ولقد استطاع الإنسان السيطرة على خصائص الكهرباء

والطاقة النووية، وعلى التفاعلات الكيميائية المعقدة، ولكن الملاحظ أنه حتى العلماء الذين أَلِفوا العمل بهذه المفاهيم يجدون صعوبة في التعبير عنها بعبارات يمكن أن يفهمها الإنسان العادي. ونعرف أن صورة «الصندوق الأسود» أضحت رمزًا شائعًا لأسطورة تكنولوجية؛ إذ يمثل لغزًا سحريًّا للقدرات التكنولوجية على أداء أعمال لمصلحتنا جميعًا، ويتعين الركون إليها. وأشهر أنواع «الصندوق الأسود» هو ذلك الذي تحمله الطائرات العاملة على الخطوط المدنية، ويُجري تسجيلًا متصلًا لقراءات آلات تشغيل الطائرة بصورة مضمونة، ويمكن استعادتها. وهكذا يتيسر لنا الحصول على المعلومات الأساسية اللازمة في حالة وقوع حادثة أو كارثة. ولكن هذا السر نفسه يصدق أيضًا بالنسبة لساعة اليد الرقمية التي تبين الوقت بدقة متناهية، وتعمل ببلورة من الكوارتز، وبطارية صغيرة جدًّا، ومادة كرستالية سائلة تعرض لنا الأرقام.

إن هذا الإحساس بما تنطوي عليه التكنولوجيا من سر غامض إنما ينبع من تعقد ما تنطوي عليه من تقنيات، ولكنه إحساس يستمر ويَطَّرِد جزئيًّا بسبب رغبة الكثيرين من البشر في النظر إلى الموضوع في جملته وشموله باعتباره سرًّا باهرًا ومروعًا. حقًّا إن الأمر يتجاوز صلاحياتي وقدراتي إذا ما أردت الكشف عن أسرار التكنولوجيا الحديثة، ولكن من الممكن مع هذا أن أعمد إلى كشف قدر مما تنطوي عليه من طابع أسطوري ملغز، وبذا نتغلب على العوائق التي تحول دون الكثيرين والشعور بالألفة والتوافق مع التكنولوجيا. صفوة القول أن موضوع هذا الكتاب هو بيان وتفسير الطريقة التي أثرت بها التكنولوجيا في الحياة في العالم الحديث، ومن ثم نصل إلى نوع من الفهم لإمكاناتها وأخطارها. إننا مضطرون جميعًا للعيش مع التكنولوجيا وبها، ومن ثم فمن الأفضل لنا أن نعرف شيئًا ما عنها بدلًا من أن نقضي حياتنا جاهلين أو خائفين من شيء بالغ الأهمية لرفاهتنا.

وقد مضى هذا الكتاب بفترة حمل طويلة الأمد، ويمثل ذروة تطور العديد من الخطوط التي تلاقت معًا، فكان هناك في المحل الأول انخراطي زمنًا طويلًا في دراسة تاريخ التكنولوجيا في جامعة باث Bath، وكذلك في منظمات وهيئات قومية ودولية مختلفة، وإنني مَدين بوجه خاص لذلك الدافع الذي ظل يحفزني على مدى السنين من قِبَل زملائي في جمعية نيوكومن البريطانية British Newcomen، والجمعية الأمريكية لتاريخ التكنولوجيا American Society for the History of Technology (SHOT)، واللجنة الدولية لتاريخ التكنولوجيا Inter Committee for the History of Tech. (ICOHTEC)، إذ وضعتني هذه الجمعيات على خط التَّماسِّ المباشر مع طائفة تتزايد باطراد من الباحثين

والأخصائيين الممارسين الذين عايشوا وعاينوا سحر تاريخ التكنولوجيا، وما فَتِئ هؤلاء يحثُّونني ويشجعونني على المُضي قُدمًا بأبحاثي داخل المركز المعنيِّ بتاريخ التكنولوجيا Center for the History of Technology، والذي أسسته العام ١٩٦٤م داخل الكلية التي سرعان ما تحولت وأصبح اسمها جامعة «باث».

ثم كان انخراطي في مجال الأركيولوجيا الصناعية، وهو ما أسهم إسهامًا حقيقيًّا في وضع الشكل العام لهذا الكتاب؛ ذلك أن الكتاب، بمعنًى من المعاني، بدأ كمحاولة لتحديث كتابي الناجح «أركيولوجيا حضارة الصناعة في بريطانيا»، الذي صدرت طبعته الأولى ضمن مجموعة بليكان العام ١٩٧٢م، ثم صدرت طبعته الثانية العام ١٩٨٢م، وكنت معنيًّا أشد العناية بموضوع تطور أركيولوجيا حضارة الصناعة في بريطانيا، ومن ثم أصبحت الرئيس الثاني «لاتحاد أركيولوجيا حضارة الصناعة» Association for Industrial Archaeology (AIA)، ويعكس كتابي السابق التزامي هذا. ولكن على الرغم من أن الدراسة الراهنة بدأت بفكرة إعداد طبعة جديدة من كتاب «أركيولوجيا حضارة الصناعة»، فإنه سرعان ما بدا واضحًا لي بجلاء أن من الملائم أكثر أن أنتهز الفرصة وأتطلع إلى ما وراء البقايا الفيزيقية المتخلفة عن التطورات التكنولوجية (وهي الاهتمام الحقيقي لـ «أركيولوجيا حضارة الصناعة»)، وأن أدرس، من خلال عملية استقصائية جديدة تمامًا، العلاقاتِ بين التكنولوجيا والمجتمع.

وكانت هناك تلك الحاجة المثيرة للملل، وهي إعداد صفوف دراسية لمقرر «التكنولوجيا في العالم الحديث»، ووَضَع هذا العمل في بؤرة الاهتمام أمامي العديد من القضايا المهمة ذات الطبيعة التاريخية والبيئية، وجعلني هذا أفكر في الموضوع من خلال بعض جوانب الثورة التكنولوجية، وهو ما لم أفعله من قبل. وأشعر في هذا الصدد بالامتنان إزاء أولئك الطلاب الذين عكفوا على دراسة الموضوع معي، كما أشعر بالامتنان لمجموعة من زملائي، ومن الطلاب الباحثين، ومن الزملاء الزائرين والسابقين، الذين ساعدوني في وضع أساس مَكِين لدراسة تاريخ التكنولوجيا في جامعة باث، في الوقت الذي طرأت فيه تطورات أخرى جعلت من غير الملائم بحثَ أي تطور جوهري في الدراسات التاريخية.

والجدير ذكره أن خبرتي في تعليم طلاب لديهم معرفة سابقة ضئيلة عن التكنولوجيا، كان لها تأثيرها في اتخاذ قرارين محددين فيما يختص بشكل هذا الكتاب؛ أولهما: أن أَحُد من عدد المراجع الواردة في المتن، وهو ما لا يتم عادةً إلا عندما يكون الاستشهاد المباشر ملائمًا، وأن أَعمِد بدلًا من ذلك إلى وضع جميع ملاحظاتي وإشاراتي المرجعية

«الببليوجرافية» مقترنةً بعناوين هذه المراجع في ختام المتن. والقرار الثاني: أن أُضَمِّن الكتاب بعض الرسوم التوضيحية التي رأيت أنها ذات فائدة كعوامل مساعدة تعليمية. وأود أن أؤكد، وأنا بصدد تنفيذ ذلك، أن هذه الأشكال — في تمايز عن تلك الأشكال المعتمدة على مصادر إحصائية — إنما هدفها فقط إعطاء «صورة» بصرية توضح الموضوعات الصعبة، وأرجو ألا ينظر إليها القارئ باعتبارها متضمنة أي خصائص وصفية محددة. وإني مَدين كعادتي دائمًا بالشكر، فيما يتعلق بالرسوم الواردة في الكتاب، للسيد كولين ويلسون الذي يعمل مصورًا فوتوغرافيًّا بجامعة باث، إنني أشعر بالامتنان له لشجاعته، إذ بذل الجهد في التعامل مع رسومي المطبوعة أو المرسومة على ورق شفاف. وأتوجه بالشكر أيضًا إلى جميع من أذنوا لي باستنساخ الصور الفوتوغرافية المبينة في قائمة الرسوم والجداول، وأتوجه بالشكر كذلك إلى إيلين موري؛ لما بذلته من جهد وما تحملته من مشاقَّ في سبيل مساعدتي كسكرتيرة، وأيضًا إلى المسئول عن مكتبة الجامعة والعاملين معه؛ لاهتمامهم بي حين سألتهم المساعدة.

وأخيرًا أتوجه بالشكر إلى زوجتي بريندا بوكانان على كل ما قدمته لي من عون ومساندة في سبيل إنجاز وتنفيذ فكرة هذا الكتاب على مدى سنوات. وسبق أن أهديتها في العام ١٩٦٥م كتابي الأول «التكنولوجيا والتقدم الاجتماعي»، وأهديت ابنَيْنا أندرو وتوماس كتابي أركيولوجيا حضارة التصنيع في بريطانيا. وحدث هذا في وقت كان جُل عملي بمنزلة نتاج لمشروع أسري شأن اختيار العطلات والنزهات. والآن وقد استقر هذان الفَتَيان فيما اختاراه لنفسيهما من عمل في الحياة فقد ألفيت نفسي أنا وزوجتي وقد عدنا مرة أخرى يعتمد أحدنا على الآخر بغية إنجاز أي تعليق أو تقييم دراسي علمي؛ ولهذا فإنني أهديها كتابي هذا مع عرفان عميق بالجميل.

آر إيه بوكانان
جامعة باث

الجزء الأول

خلفية عامة وتعريفات والتسلسل الزمني

الفصل الأول

طبيعة التكنولوجيا

التكنولوجيا هي دراسة الأساليب الفنية «التقنيات» البشرية في صناعة وعمل الأشياء، وإذا شئنا الدقة — خاصة أن اللغة الإنجليزية نادرًا ما تستخدم بمثل هذا التحديد الدقيق في هذه النقطة — فإننا نقول: إن التكنولوجيا ليست معنيةً بامتلاك ناحية التقنيات التي هي موضوع دراستها، إذ يستلزم هذا على الأرجح قدرًا هائلًا من المعارف المتخصصة التي لا يتسنى اكتسابها إلا بعد تلمذة صناعية طويلة الأمد. وإنما تعالج التكنولوجيا بدلًا من هذا: متى؟ وأين؟ ولماذا هذه التقنيات؟ بمعنى أنها تهدف إلى تفسيرها داخل سياق اجتماعي، وبيان كيف ظهرت وازدهرت، والطريقة التي تترابط بها في علاقات متداخلة فيما بينها، وأسلوب تشعبها وانتشارها، وأسباب تدهورها وانحسارها. ومن ثَم فإن التكنولوجيا معنية بفهم التقنيات داخل البيئة التي شهدت نموها اجتماعيًّا. وعلى الرغم من أن البراعة في مجال التقنيات موضوع الدراسة مسألة ليست مرفوضة، فإنها نادرًا ما تكون مستهدفة، فضلًا عن أنها ليست أبدًا بالشيء الجوهري.

يترتَّب على هذا أن التكنولوجيا دراسة إنسانية ودراسة اجتماعية؛ وذلك لأنها تعالج أشكالًا وصورًا مميَّزة للسلوك البشري في المجتمع. وحيث إنها تتناول التحولات التي تَطْرأ على التقنيات على مدار الزمان، فإنها — بحكم كونها كذلك — تُعتبر دراسة تاريخية، ومن ثَم فإن عبارة «تاريخ التكنولوجيا» تُمثِّل توسُّعًا لازمًا لنطاق بحث ودراسة التكنولوجيا، وفي ضوء استعمالنا للمصطلح في دراستنا هذه يمكن أن يمتدَّ تاريخ التكنولوجيا بامتداد تاريخ البشرية كله، ذلك لأن النوع البشري هو تلك المتوالية من الأنواع التي بلغت ذروتها في صورة الإنسان العاقل Homo Sapiens الذي تميز بالقدرة على صنع الأشياء — أعني صنع الأدوات وابتكار مصنوعاته الفنية، وبذا فإن تاريخ هذه الأنواع على مدى مليونَي سنة أو ثلاثة ملايين مضت، يشكل بصدق أحد مجالات اهتمام مؤرخ التكنولوجيا، وسوف

نركز في هذا الكتاب على القرون الثلاثة الأخيرة من تاريخ هذا التطور. بيد أننا سنعرض التقدم التكنولوجي الفريد الذي طرأ خلال هذه القرون الثلاثة في إطار العلاقات النسبية الصحيحة، إذا ما سلمنا منذ البداية بأن الدراسة ذات بُعد له تاريخ قديم عريق للغاية، ومن ثم يمكن القول إن التكنولوجيا ليست مجرد نتاج للمجتمع الصناعي الحديث، ولكنها قديمة قدم النوع البشري بحيث يحق لنا أن نتوقع استمراريات مهمة في تاريخ التكنولوجيا.

ومع أن جميع التقنيات البشرية هي الموضوع الأصيل لدراسة التكنولوجيا، إلا أن النهج الدراسي الشائع ركز الانتباه على بعض التقنيات دون الأخرى، وبات مألوفًا على وجه الخصوص قصر نطاق التكنولوجيا على هذه التقنيات الإنتاجية والصناعية وتقنيات التشييد والنقل والاتصالات التي هي مجال استخدام هذه الطاقة. والملاحظ أن جميع التقنيات الأخرى ذات الطبيعة اللسانية أو الفنية أو الثقافية، أو أي طبيعة أخرى خاصة بها، اكتسبت ضوابطها وقواعدها المميزة، ولم تعد تحظى من مؤرخي التكنولوجيا إلا باهتمام هامشي فحسب. وهذا التقييد أمر محمود؛ ذلك لأن هذا التصور المحدود للتكنولوجيا يتضمن — على محدوديته — مجالًا واسعًا هائلًا. وتعتبر دراسة مصادر الطاقة هي لب تاريخ التكنولوجيا، بيد أن هذا الموضوع ذاته له أوجه عدة، ويعتبر ذا أهمية حاسمة في فهم التاريخ الإنساني. وإذا ما اشتملت الدراسة على استخدام الطاقة أو القوى المحركة في جميع صور الإنتاج والنقل والاتصالات، مقترنةً بالحاجة إلى فهم هذه العمليات في سياقها الاجتماعي فسوف يكون تاريخ التكنولوجيا، كما هو واضح، موضوعًا جوهريًّا ومهمًّا.

وهكذا يمثل تاريخ التكنولوجيا جزءًا مهمًّا من دراسة التاريخ. ويعتبر، بوصفه كذلك، خاضعًا لجميع قواعد الدراسة العلمية التاريخية. معنى هذا أنه يعتمد على الدقة والحذر في طرح الأسئلة التي يتعين الإجابة عنها بعد دراسة نقدية ودقيقة لجميع المصادر المتاحة التي نستمد منها شواهدنا وبيناتنا. وقد تكون هذه الشواهد والبينات متنوعة الأنماط — وثائقية ومادية طبيعية وشفاهية وثقافية. والمعروف أن التاريخ التقليدي يعتمد اعتمادًا كبيرًا على البينات والشواهد الوثائقية؛ السجلات والوثائق المكتوبة والمطبوعة التي خلفها المشاركون في حقبة تاريخية أو حدث تاريخي، وقد تكون هذه الوثائق شخصية أو إدارية، وذات طبيعة رسمية أو غير رسمية، ولكنها جميعها تخضع لاختبار الدقة والمصداقية وبيان الدلالة والأهمية، وذلك وَفقًا لمبادئ مؤسسة ومعتمدة للبحث التاريخي. ولكن يحق لنا القول إن جميع صور الشواهد والبينات التاريخية

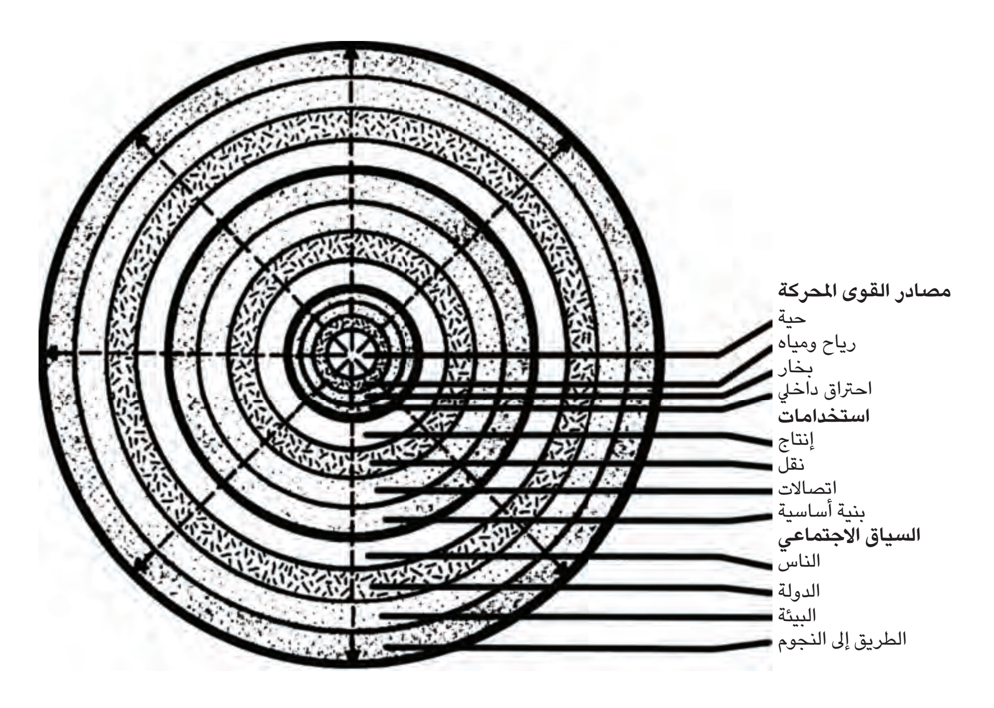
الأخرى — المادية والطبيعية والشفاهية والثقافية — لا بد من تحويلها إلى صورة وثائقية في شكل تقرير أو بيان مكتوب قبل استخدامها في البحث والتحقيق التاريخيين، ولكن جدير بنا الاحتفاظ بها كفئات مستقلة منفصلة؛ وذلك لأنها تُذكِّر المؤرخ بالحاجة إلى النظر إلى ما وراء الوثائق — بالمعنى الضيق المحدود — التي تقع بين يديه، وأن يتساءل عما إذا كانت هناك أي معلومات إضافية يتعين تجميعها من بين البينات المادية في الطبيعة، وأنماط الاستيطان والمباني والفنون الصناعية، وكذا البينات والشواهد الشفاهية على لسان مشاركين في الأحداث التاريخية ممن لا يزالون على قيد الحياة، أو من تراث ثقافي وممارسات ثقافية ميسورة يمكن بحثها ودراستها من قِبَل علماء الأنثروبولوجيا وغيرهم من الخبراء. ويطرح المؤرخ تساؤلاته هذه قبل أن يضطلع بإعادة بناء صورة الماضي، وهو ما يمثل الغرض من ممارسة الدراسة التاريخية، وهذا النهج مهم للغاية بالنسبة لمؤرخ التكنولوجيا؛ ذلك لأن مادة موضوعه تتألف أساسًا من مصنوعات مادية يتعين فهمها وتفسيرها. وها هنا تتضح الأهمية الخاصة التي تميز الشاهد والدليل المادي الذي تمثله هذه المصنوعات، سواء من خلال مشاهدتها مباشرةً، أو من خلال رسوم وصور فوتوغرافية، أو من خلال تسجيل أو تقرير يكتبه باحث آخر. ونجد في الحقيقة، وعلى مدى أحقاب طويلة من التطور التكنولوجي القديم، أن الشواهد المادية هي النوع الوحيد المتاح أمام المؤرخين، ولهذا فإن تجميعها وتقييمها أمران لا غنى عنهما عند أي محاولة لإعادة بناء الصورة التاريخية.

ودلالة هذا التأكيد على أن البنية المادية مهمة لمؤرخ التكنولوجيا هي أن ثمة بعدًا أركيولوجيًّا ضروريًّا لموضوع الدراسة، وأن الأركيولوجيا ذاتها يتعين فهمها فهمًا صحيحًا باعتبارها جزءًا من التاريخ، فالتاريخ معنيٌّ بالماضي في شموله، ومن ثم معنيٌّ بأي نوع من الشواهد والبينات التي تمثل محاولة مقبولة عقلًا لإعادة بناء الصورة. وعلم الآثار، أو الأركيولوجيا، معنيٌّ بتفسير الشواهد والبينات المادية خلال عملية إعادة بناء الصورة التاريخية. وتيسرت لهذا العلم بعض التقنيات الدقيقة والمكينة مثل: حفريات طبقات الأرض، وعمليات تحديد التاريخ بالكربون المشع، وتحديد الحقب الزمنية للأشجار، وكذا تحليل غبار طلع الأشجار بغية إنجاز ذلك الهدف. وتعتبر هذه الوسائل ذات أهمية خاصة بالنسبة لأحقاب التاريخ البشري التي توصف خطأً بعبارة «ما قبل التاريخ»، نظرًا لعدم وجود شواهد وبينات وثائقية غير ما يفيدنا به علم الآثار، ولكنها مهمة أيضًا لبعض أوجه التاريخ المسجل، والتي أولاها المؤرخون التقليديون أوفى اهتمام، ونجد من بينها

التقنيات الصناعية التي تمثل معلمًا بارزًا؛ ولهذا أضحت أركيولوجيا حضارة التصنيع بمنزلة امتداد مهم لنطاق دراسة الفنون الصناعية لتاريخ التكنولوجيا.

ومثلما أن التكنولوجيا ذات علاقة وثيقة بالأركيولوجيا وبالتاريخ، فإنها وثيقة الصلة أيضًا بالعلم. والمألوف عادةً في حديثنا اليومي أن نستخدم عبارة «العلم والتكنولوجيا» وكأنهما اسمان مترادفان عمليًّا، وهذا تصور مضلل؛ نظرًا لأن كلًّا من الاسمين يمثل شيئًا متمايزًا عن الآخر، إذ بينما تُعنَى التكنولوجيا بصناعة وعمل الأشياء، نجد العلم معنيًّا بالفهم النسقي والمنهجي الذي يحققه الإنسان، رجلًا كان أم امرأة، في بيئته التي يعيش فيها. والملاحظ أن البشر قد يشرعون في صنع وعمل أشياء وهم لا يعرفون — ولزمن طويل — سوى تفسيرات بدائية وجزئية عن الخامات المتاحة لهم، ولهذا نقول إن التكنولوجيا أقدم من العلم. والقول إن العلم في صورته المتعارف عليها هو الفهم الذي حققه البشر رجالًا ونساءً في بيئتهم بفضل تفسير نسقي، إنما هو قديم قِدَم الحضارة التي لا يزيد عمرها على أربعة أو خمسة آلاف عام، وذلك لأن تقنيات الكتابة والحساب إنما ظهرت في المجتمعات المتحضرة فقط لتهيئ لهم دقة القياس والتسجيل، مما يسر لها وضع الأسس لجميع الدراسات العلمية، والتزم العلماء المحدثون دراسة هدفهم تأسيسًا على مفاهيم ومناهج دقيقة ومتطورة يتسع مداها باطراد، وقد بات إطار بحثهم أرحب كثيرًا مما كان في الماضي، وإن ظل الهدف هو ذاته دائمًا: النفاذ إلى حقائق الكون الذي تشكل البشرية جزءًا منه. وأدت التكنولوجيا على مدى هذه الممارسة دورًا مهمًّا بأن زودت العلماء بالأدوات وطرق البحث، ومن ثم تأثروا تأثرًا واضحًا وعميقًا بالنجاحات التي حققها العلم، ولكنها ظلت ولا تزال مختلفة كيفيًّا عن العلم، مما يبرر لنا دراسة تاريخ التكنولوجيا باعتباره دراسة متمايزة على تاريخ العلم، حتى إن اضطررنا مرارًا وتكرارًا إلى التعليق على مظاهر العلاقة المشتركة بينهما، وهي العلاقات التي تقاربت وازدادت قربًا باطراد على مدى القرون الثلاثة الأخيرة.

ولكن قبل الشروع في دراسة التكنولوجيا في العالم الحديث، لنحاولِ الرجوع معًا إلى البداية لتحديد الجدول الزمني لموضوعنا، ومراحل تعاقبه في التاريخ. لقد حصل البشر على أول تقنياتهم أو أساليبهم الفنية في صناعة الأدوات والتحكم في النار على مدى آلاف كثيرة من السنين، خلال الدهر الأخير الذي يصل إلى مليوني سنة أو ثلاثة ملايين. ونحن لا نعرف — عمليًّا — شيئًا عن ظروف هذه الابتكارات، ولا عن التطور الملازم لها الخاص باللغة المنطوقة، ولكننا نعرف أنها كانت ذات أهمية فاصلة؛ لأنها مكنت الإنسان من أن



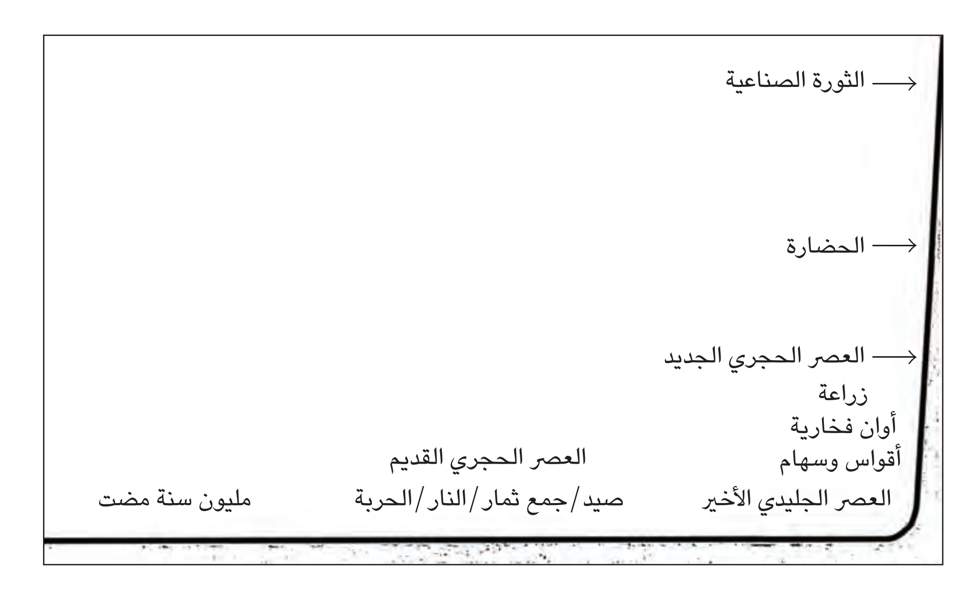
شكل ١-١: عناصر الثورة التكنولوجية.

يكون له تأثيره المؤكد والمتزايد في بيئته، ومن ثم القدرةُ على التحكم فيها عمليًّا. حصل على هذه التقنيات الإنسان العاقل الأول Hominid الذي كان منتشرًا في جماعات صغيرة متناثرة في بقاع شتى في أفريقيا شبه الاستوائية؛ لما كانت تتصف به هذه البقاع من ظروف طبيعية ملائمة للحياة. وربما فُقدت هذه التقنيات وأُعيد اكتشافها مرات عدة قبل أن تزيد أعداد البشر بدرجة كبيرة كافية لاستمرارية الخبرة، إذ كانت المهارات تنتقل بواسطة جماعات الأسر على نحو يمثل البذرة الأولى لنظام التلمذة الصناعية. كان البشر — على خلاف الأنواع الأخرى التي تتمتع بمهارات غريزية عالية القدر، بل وعلى شاكلة الرئيسات الراقية التي تتمتع بقدرة على تشكيل أداة صغيرة تقتضيها مناسبة عابرة — مضطرين إلى تعلم مهاراتهم المكتسبة، وتضمن هذا براعة في نقل هذه المهارات من جيل إلى جيل، ومن ثم استطاع الناس ببطء، ولكن بقدر من اليقين، أن يحصلوا على الأدوات التي هيأت لهم قدرة على فرض أنفسهم على العالم من حولهم.

أسفرت هذه العملية عن بقاء الإنسان الأول على قيد الحياة ونجاحه، وعلى الرغم من أنه كان ضعيفًا هشًّا يعيش على حواف الغابات شبه الاستوائية والأراضي العشبية، وكان فريسة للنمور ولغيرها من الأخطار الطبيعية، فإنه بنى ما من شأنه أن يقيه، ويزيد من طاقاته على جمع الطعام. وهكذا تزايدت أعداد البشر وانتشرت وسكنت بيئات تنطوي على تحديات أكثر، حيث اخترعت أدوات جديدة هيأت للبشر إمكان البدء في الزراعة، عن طريق تمهيد وتسوية وحرث الأرض، واستخراج المياه وتصريفها، وحصاد الثمار، ومعالجة المحاصيل التي تجري زراعتها، وتحولت الحياة البدوية التي تعتمد على البحث عن الطعام إلى مجتمعات مستقرة من مزارعين ومربين للماشية. ويصف علماء الآثار هذا التحول بأنه «ثورة العصر الحجري الحديث»؛ لأنه يمثل علامة على آخر مراحل (ومن ثم أحدث مراحل) العصر الحجري، ولأنه يمثل أيضًا تحولًا هائلًا في أنماط الحياة التي يجدر مقارنتها بالثورات الاجتماعية الأخرى. وبدأت هذه الثورة أول ما بدأت على ضفاف الأنهار الكبرى في المنطقة القريبة من المنطقة الاستوائية — نهر النيل ودجلة والفرات والإندوس والجانج والنهر الأصفر — حيث التربة الخصبة التي تضاف إليها بشكل منتظم تربة جديدة تغني خصوبتها، تحملها إليها مياه فيضان الأنهار، فضلًا عن أنها تربة لا تغطيها غابات كثيفة.

وكانت هذه الظروف ملائمة بوجه خاص لطبيعة التقنيات التي استخدمها المشتغلون بالزراعة في العصور الباكرة؛ ولهذا بدأت هنا وعلى مدى آلاف السنين منذ العام ١٠ آلاف ق.م. ثورة العصر الحجري الحديث، والتي امتدت رويدًا رويدًا إلى غالبية مناطق الكتلة اليابسة في أوراسيا وأفريقيا. واقترن التحول إلى المجتمعات الزراعية المستقرة بالتسارع في زيادة المهارات التقنية، ومن ثم اتسع نطاق تشكيل الحجر لصناعة الأدوات والأسلحة، وازداد أسلوب صناعتها صقلًا. كذلك فإن امتلاك حيوانات أليفة عزز من مهارات تحويل صوف الماشية إلى ألياف لصناعة النسيج. وأدى التقدم في استخدام النار والتحكم فيها إلى ابتكار القمائن والأفران لصناعة الآجُرِّ والسيراميك، ثم بعد ذلك لتشكيل المعادن. وتهيأت للإنسان تقنيات صناعة الأدوات المعدنية، واستخراج المعادن من خاماتها الطبيعية، ثم تشكيلها على هيئة أدوات وغير ذلك من مصنوعات يريدها. وهكذا أصبحت المجتمعات البشرية في وضع يمهد لحدوث تحول عميق آخر ينتقل بها إلى بداية المجتمعات الحضرية.

ولعل أبعد النتائج أثرًا التي ترتبت على ثورة العصر الحجري الحديث هي اتساع نطاق انتشار التجمعات السكانية البشرية، وتحقق هذا بفضل توفير ظروف حياة أكثر



شكل ١-٢: التطور التقني على مدى مليون سنة.

أمنًا، وضمان موارد غذائية منتظمة، وحماية ضد عمليات النهب والسلب، بما في ذلك الحماية من المجتمعات المنافسة. واستلزمت مثل هذه الظروف والأوضاع قيام نظام اجتماعي يكفل توزيعًا متكافئًا للطعام، كما يكفل أسباب الدفاع. وحفز هذا إلى ظهور مهارات فنية متخصصة بحيث يستطيع المحاربون حماية المجتمع، ويستطيع الحرفيون أن يعكفوا على مهارتهم وقد تحرروا من الحاجة إلى زراعة طعامهم، وهي المهنة التي كانت لا تزال ضمان حياة المجتمع. وكانت الغالبية العظمى من المهارات القديمة في ثورة العصر الحجري تقوم بها النساء عادةً في المجتمع الزراعي، ومن هذه المهارات صناعة النسيج والخزف، وحرف الخبز والتخمير والتقطير وغيرها. ولكن إضافة حرف الصناعات المعدنية عزز قيام علاقات اجتماعية جديدة، واعتمدت صناعة المشغولات المعدنية على بذل جهد عضلي شاق، كما حظيت السلع المعدنية بتقدير كبير، واعتاد الرجال أداء هذا الضرب من المهارات، ومن ثم الاستئثار بمكانة وتقدير اجتماعيين متميزين. علاوة على هذا فإن البحث عن الموارد المعدنية تضمن أعمال الاستكشاف والتجارة؛ نظرًا لندرة وجود هذه الموارد بكميات وفيرة وكافية حيث تكون الحاجة ماسة إليها تحديدًا. واتسمت بعض

المعادن، مثل الذهب والفضة، بالندرة مما أسبغ عليها قيمة دائمًا وأبدًا، ولكن بعض المعادن الأخرى ذات الفائدة العامة، مثل القصدير اللازم لصناعة البرونز (الذي هو مزيج من النحاس والقصدير)، كان من الصعوبة الحصول عليها في منطقة شرق المتوسط، ومن ثم كان لزامًا البحث عنها في أماكن أخرى بعيدة.

وامتدت حضارات العصر البرونزي على مدى الألف الثانية ق.م. وكانت مهيأة لتعزيز حركة التجارة والرحلات التجارية حول شواطئ البحر المتوسط، بل وإلى ما وراءه حتى وصلت إلى شبه جزيرة كورنيش Cornish في بريطانيا بحثًا عن القصدير الذي كان عنصرًا حيويًّا لصناعة الأسلحة والأدوات والحلي. وطبيعي أن يمثل التنظيم الاجتماعي لمشروع على هذا النطاق — بما له من مقومات من سفن وتجارة واقتصاد نقدي — خاصية أساسية تميز المجتمعات المتمدنة والمتحضرة، والتي تمخضت عنها المجتمعات الزراعية التي عرفتها ثورة العصر الحجري الحديث. وظهرت تلك المجتمعات استجابة للاقتصادات الجديدة المعتمدة على استخدام المعادن، وهذا هو السبب في أن مؤرخي الأزمنة الأركيولوجية آثروا تمييز هذه المجتمعات الأكثر تقدمًا عن سابقتها تأسيسًا على نوع المعادن التي تعتمد عليها في صناعاتها: «عصر النحاس» و«عصر البرونز» و«عصر الحديد». وبناءً على هذه التسمية التوصيفية فإن عصر النحاس يتطابق مع ظهور أول حضارات مدنية في مصر وسومر ووادي نهر الإندوس، وفي أجزاء من شمال الصين الملاصقة للنهر الأصفر، وهذه هي الحضارات التي ظهرت خلال الحقبة الألفية الرابعة والثالثة ق.م. واتسمت مهارات الصناعات اليدوية بالبساطة، إذ عُنيت بتحويل المعادن الطيعة نسبيًّا، مثل النحاس والذهب، وتصنيعها في صورة مشغولات معدنية عن طريق السبك والطرق والدرفلة والسحب. ومع تقدم تقنيات التصنيع واكتشاف خصائص معادن أخرى انتقلت هذه الحضارات نفسها إلى العصر البرونزي خلال الألفيتين الثانية والأولى ق.م. ونظرًا لأن البرونز أكثر صلابة من النحاس فقد أصبح مادة خامًا مفيدة لصناعة أدوات التقطيع وصناعة الأسلحة. وابتكرت هذه المجتمعات وسائلها الأصيلة لصب وسبك هذا المعدن بعد صهره في أفران أكثر كفاءة من أي أفران معروفة آنذاك. ولم تكن ملكية السلع المدنية منتشرة بالدرجة نفسها في جميع هذه الحضارات الباكرة، وكان امتلاك هذه السلع علامة على التميز الاجتماعي على أرجح تقدير، ونجد في المقابل أن السلع الحديدية شائعة على نطاق واسع في العصر الحجري الحديدي مما جعل بعض المعلقين يسمون هذا المعدن «المعدن الديمقراطي»، وعلى الرغم مما ينطوي عليه هذا الوصف من مغالاة فإنه يلفت أنظارنا إلى حقيقة التقسيم الاجتماعي للتغير التكنولوجي.

ويبدو لنا أن عصر الحديد بدأ خارج مراكز الحضارة السابقة حيث توجد الآن آسيا الوسطى، وقد ظهر حوالي العام الألف ق.م. وتميز باختراع تقنيات تشكيل خام الحديد، ويوجد هذا الخام في مناطق واسعة جدًّا وسط أراضٍ سَبِخة كأنها «مستنقعات حديد»، بحيث يمكن استخراجه بسهولة، كما كان يوجد في صورة ترسبات وسط صخور صُلبة، وكانت المشكلة هي ضرورة تحمل درجات الحرارة العالية للغاية داخل أفران الصهر لمدة ساعات طويلة؛ بغية تحويل الخام إلى معدن حديدي قابل للطرق والتصنيع. معنى هذا أن بداية عصر الحديد كانت رهن نجاح عمال صناعة الحديد الأوائل في بناء أفران على قدر من الفعالية والكفاءة، والتي كانت تقام عادةً فوق قمم تلال مكشوفة في العراء للاستفادة من تيارات الرياح الطبيعية، أو استخدام منفاخ يحركه العمال باليد أو بالقدم لتندفع منه تيارات هواء اصطناعية. وما أصبح بالإمكان السيطرة على هذه التقنيات وإجادتها حتى حلت سريعًا السلع المصنوعة من الحديد محل الأدوات والأسلحة المصنوعة من البرونز، وهكذا تهيأت ميزة حاسمة أفادت الإنسان في إزالة الغابات وفي خوض المعارك. وسرعان ما انتشرت هذه التقنيات في الشرق الأوسط وفي شمال وغرب أوروبا. ونذكر أن أبطال ملاحم هوميروس الأسطوريين حوالي العام ١٢٠٠ق.م. كانوا من محاربي العصر البرونزي، ولكن حضارتَي اليونان والرومان في العصر الكلاسيكي، أي ابتداءً من القرن الخامس ق.م. تنتميان يقينًا إلى عصر الحديد. واستُخدم الحديد سريعًا، على عكس المعادن السابقة، في العديد من الاستخدامات اليومية، مثل: صناعة أوانٍ وأوعية للطبخ، أو صناعة المسامير لجميع أغراض البناء. صفوة القول أن الحديد أثَّر بوضوح في نوعية حياة الإنسان على نحو لم ترقَ إليه المعادن السابقة.

ولكن ليس من الواقعية في شيء النظر إلى معدن الحديد باعتباره هو الذي أفضى إلى نمو الديمقراطية بأي معنًى من المعاني الحديثة لها؛ وذلك لأن تأثيره كان ضعيفًا جدًّا في تحول العلاقات السياسية في الحضارتين الكلاسيكيتين لليونان القديمة وروما. لقد تحددت هذه العلاقات بفعل عوامل عدة؛ أولًا: المسافة الفاصلة بين هذه المجتمعات الجديدة وبين مصر وفارس، وثانيًا: طبيعة الكثير من التقاليد الثقافية التي تولدت نتيجة التأثير المتبادل، وثالثًا: افتقاد التلاحم السياسي فيما بين الدول – المدن التي ازدهرت بفضل الروابط التجارية الناجحة على امتداد محيط حضارات الشرق الأوسط القوية المتماسكة. كذلك فإن الدول – المدن في اليونان القديمة، وفي الإمبراطورية الرومانية ارتضت، شأنها شأن الحضارات القديمة الأخرى، نظام العبودية باعتباره عنصرًا ضروريًّا في البنية

التحتية للمجتمع لتوفير قوة العمل اللازمة للأعمال شديدة الوضاعة، والتي تقتضي إجهادًا بدنيًّا. وليس من اليسير التوفيق بين هذا والرأي القائل إن استخدام معدن الحديد عزز الديمقراطية، حتى إن كان انتشار المصنوعات الحديدية أسهم، وعلى مدى فترة زمنية طويلة، في ظهور تقييم اجتماعي واسع النطاق لفوائد التحسينات التقنية. ولعل الحجة الأقرب إلى موضوعنا، في إطار الحضارات الكلاسيكية، هي الحجة القائلة بأن النظام العبودي كان بمنزلة كابحة تعرقل التجديد التكنولوجي، ويؤكد هذا واقع وجود مجموعات كبيرة من الأيدي العاملة من العبيد، مما جعل المخططات التي تستهدف توفيرها كأيدٍ عاملة أمرًا ثانويًّا وزائدًا عن الحاجة؛ ولهذا لم يكن ثمة حافز قوي لتخصيص مواد كبيرة وأساسية من أجل تطوير، مثلًا، القوى المائية حتى على الرغم من أن الرومان كانوا يعرفون جميع التقنيات اللازمة لذلك. ويمكن القول أيضًا، كحجة إضافية، إن امتلاك العبيد فرض التزامًا بضرورة إيجاد عمل لهم يشغلهم، حتى ولو على سبيل إبعادهم عن التفكير في أي إجراءات تضر بالمجتمع، الأمر الذي يعتبر دافعًا للحيلولة دون تطوير واستحداث آلات تسهل الأعمال الروتينية المعتادة.

ويستحيل إثبات أو دحض هذه الحجة، ولكن المرجح — على أقل تقدير — هو أن الاعتماد الكبير على العمل العبودي في الحضارات القديمة تسبب في تأخير التطور التكنولوجي، إذ من الوقائع اللافتة للنظر أن القدر الأعظم من القدرات والفعاليات الفكرية لتلك المجتمعات كانت مكرسة لأهداف غير الأهداف التقنية، وهي أهداف ذات طبيعة سياسية ودينية وثقافية. من ثم تمثلت مظاهر التقدم الكبير في العالم القديم في القدرة على استغلال التكنولوجيا لتحسين القدرات الحربية، أو لتشييد بنايات ذات روعة وجلال، أما المجالات التقليدية لتوفير طاقة العمل، وكذا مجالاته الإنتاجية الصناعية فلم تشهد سوى تقدم ضئيل جدًّا. ولكن ينبغي ألا ننسى أننا الآن بصدد معالجة فترات زمنية أقصر أمدًا تعد بالقرون، وليست دهورًا تمتد آلاف السنين، ومن ثم فإن مجمل سرعة التقدم التقني كانت أكبر كثيرًا مما كانت عليه في ثورة العصر الحجري الحديث، أو العصر الحجري القديم السابق عليه.

الملاحظ عند مناقشتنا لموضوع تطور التكنولوجيا منذ أقدم المجتمعات الإنسانية وحتى عصر الحديد؛ أننا انزلقنا بسهولة نحو استخدام مفهوم «الحضارة»، وجدير بنا أن نتريث لحظة للتأكد من أننا نفهم ما نتحدث عنه، ذلك أن الحضارة تنظيم اجتماعي كبير ومعقد، له فعاليته وتأثيره في مساحات شاسعة من الأقاليم على مدًى طويل من الزمان، علاوة على ما هو مشترك من تقاليد ثقافية كثيرة. وتتميز الحضارة عن المجتمعات الأكثر

بدائية بتعقد وتقدم نظمها ومؤسساتها، علاوة على درجة عالية من التخصص الوظيفي بين أعضائها. وتتميز كذلك بنسق واضح المعالم من التقسيم الطبقي الاجتماعي، وامتلاك ناصية القراءة والكتابة والحساب، وكذا ظهور ابتكار السجلات التاريخية، وبداية النشاط العلمي المنظم. إن جميع الحضارات قائمة على نظام متطور من خلق الثروات التي يمكن لها أن تكفل إنتاج وتوزيع الغذاء وغيره من ضرورات الحياة، ويشتمل هذا عادة على العلاقات التجارية والتحضر. وتقوم التكنولوجيا بدور حيوي عند هذا المستوى، في صورة تقنيات زراعية ومهارات في مجال البناء والتشييد من أجل توفير المباني وأعمال الري وقنوات المياه، وأيضًا تحسين الطرق والسفن.

والملاحظ أن غالبية المجتمعات البشرية كانت منذ الألف الرابع قبل الميلاد تمثل جزءًا من هذه الحضارة أو تلك من الحضارات التي ازدهرت آنذاك، واستطاع المؤرخون دراسة ظهور وسقوط الكثير من تلك الحضارات. كما أن الانهيار المأساوي المفجع الذي لحق بين الحين والآخر بإحدى الحضارات كان يمثل مناسبة لإعادة تجميع وحشد الموارد البشرية بصورة جيدة وفعالة، وقع مثل هذا الانهيار عندما اكتسح البرابرة الغزاة الإمبراطورية الرومانية الغربية في القرن الخامس الميلادي، ولكن انبثقت حضارة جديدة متميزة من بين أطلال الفوضى المترتبة على ذلك في أوروبا الغربية، ونعني بذلك الحضارة الغربية التي كانت لها ريادة التقدم التكنولوجي العالمي على مدى الألف سنة الأخيرة. وسوف تكون المراحل الأخيرة من هذه العملية هي موضوع اهتمامنا الرئيسي في هذا الكتاب، ولكن من الأهمية بمكان أن نعرض تخطيطًا موجزًا للخطوط الرئيسية للتطور، بغية تفسير طبيعة الجذور التي انبثقت عنها التكنولوجيا الحديثة.

كانت الحضارة الغربية، تأسيسًا على التقسيم الزمني الأركيولوجي التقليدي الذي التزمنا به، لا تزال تعيش في عصر الحديد عندما ظهرت ككيان مستقل في صورة النظام المسيحي الوسيط. والملاحظ أن المجتمعات التي اندمجت مع بعضها لتؤلف وحدات سياسية مستقرة نسبيًّا، بعد عصر من الفوضى شهدته أكثر أنحاء أوروبا إثر انسحاب فرق الجيوش الرومانية، واستقرار القبائل البربرية الوافدة من وراء نهر الراين والدانوب، كانت تستخدم تقنيات من مصنوعات حديدية لم يطرأ عليها أي تقدم واضح على مدى الألفي عام الأخيرة. وظهرت استخدامات مهمة جديدة للحديد، مثل صناعة حدوة الحصان، ولكن لم يطرأ تغير كثير على طُرق صهر خام الحديد «الزهر»، ووسائل طَرق وتشكيل الأدوات والأسلحة المصنوعة من الحديد. ونجد بوجه خاص أن كل الحديد المتوافر في مدى عصر الحديد خلال الفترة السابقة على نهاية العصور الوسطى، إنما كان على

هيئة ما نعرفه اليوم باسم الحديد «المطاوع»، إذ لم تكن ثمة وسيلة معروفة لإنتاج سبائك الحديد بكميات كبيرة. ولكن خلال القرنين الخامس عشر والسادس عشر ظهرت تقنية جديدة مهمة ضاعفت كثيرًا من إمكانات استعمال الحديد في أغراض كثيرة ومتنوعة، ونعني بهذه التقنية «الأفران عالية الحرارة» أو «أفران الصهر»، وهي أبنية أضخم كثيرًا من الأفران التقليدية لتشكيل الحديد، ويمر بها تيار هوائي مستمر تحركه قوًى مائية لزيادة درجة الحرارة إلى أكثر من درجة صهر الحديد، وهو ما يعني أنه أصبح بالإمكان إنتاج حديد مصهور ثم سبكه في صورة عديد من الأشكال المتنوعة، بما في ذلك المدافع الثقيلة وأعمدة لأعمال البناء.

وأصبح هذا معروفًا باسم الطريقة غير المباشرة في إنتاج الحديد، وسبب هذه التسمية أنه للحصول على الحديد التقليدي «المطاوع» أو «المطروق» الذي يمكن تصنيعه عن طريق الدرفلة والطرق حسب الأشكال المطلوبة، أو زيادة تنقيته لصناعة الصلب؛ لا بد أولًا من بذل جهد كبير لإعادة معالجة الحديد المسبوك الذي أنتجته أفران الصهر. ومع هذا فإن حالة الطلب على الحديد المسبوك (الزهر) أدت إلى أن العملية الجديدة تجاوزت سريعًا الطريقة التقليدية المباشرة، ومن ثم طرأ في المقابل توسع في استخدام الحديد. لقد كان التغير من طريقة إلى أخرى عملية ملحوظة ومميزة، بحيث إذا ما ضاهينا ذلك بالعصرين الحجريين «القديم» و«الحديث» نجد ما يبرر لنا وصف هذا التغير بأنه نقلة من تكنولوجيا «عصر الحديد القديم» إلى «عصر الحديد الحديث»، ويجيز لنا هذا أيضًا تفسير الوضع في مجتمعنا، بكل ما انطوى عليه من تعقيدات متقدمة كثيرة في استخدام المعادن والمواد الأخرى، بأنه في جوهره جزء من عصر الحديد الحديث المشار إليه.

وبينما بقيت الحضارة الغربية — ولا تزال — حضارة قائمة على تقنيات تشغيل وتصنيع الحديد، إلا أنها تميزت بانتشار التجديدات التقنية في الكثير من الجوانب الأخرى للحياة. مثال ذلك أن الإنتاجية الزراعية تحولت بفضل استخدام الماكينات والتقنيات الجديدة. ويعود هذا إلى تحسين نظم الدورات المحصولية، واستخدام الخيل مصدرًا رئيسيًّا للقوة الحيوانية في العصور الوسطى، واستمراره من خلال المحاصيل الجديدة، وطرق تربية ورعاية الحيوانات، وصولًا إلى المؤسسة الزراعية المتقدمة للزراعة الحديثة. وبالمثل كانت تقنيات توليد الطاقة والنقل والصناعة التحويلية في حالة ثورة مستمرة على مدى قرون عدة. وحري بنا أن ننظر إلى مجتمعنا التقني المعاصر في ضوء هذه الخلفية من الاستجابة إلى التجديد، مع بيان أن تفسير الظاهرة ليس أمرًا يسيرًا. حقًّا

لقد تطورت الحضارة الغربية من دون قاعدة من العبيد، وهو ما اتصفت به الحضارات القديمة (إلا كأداة للاستغلال الاستعماري)، ولهذا عانت دائمًا من نقص في قوة العمل، الأمر الذي خلق طلبًا على أساليب توفير القوى العاملة. ولكن لعل أحد العوامل الأكثر أهمية أن الحضارة الغربية افتقرت إلى التجانس الذي تميزت به الحضارات القديمة، إذ كانت تتألف من مجموعة متنافرة من الدويلات الصغيرة التي تتطور في إطار من التنافس الديني الحضاري بعد حركة الإصلاح الديني الأوروبي في القرن السادس عشر، وعملت هذه المنافسة كحافز إلى التجديد، ومن ثم فإن الدول التي تميزت بقدر أكبر في الحَراك الاجتماعي، أو هيأت إمكانات أخرى للمجد والنجاح؛ أصبحت تحظى بميزة فائقة تميزها على تلك الدول التي سدت أبوابها دون هذه المؤثرات.

وإن وجه التباين المذهل مع الحضارة الغربية يبدو لنا واضحًا عند مقارنتها بالحضارة الصينية، وهي واحدة من الثقافات العالمية العظمى المعاصرة لها. فهذه الحضارة هي، بطبيعة الحال، أقدم كثيرًا من الحضارة التي ظهرت على الساحل الغربي لأوروبا، إذ سبقتها بحوالي ألف عام، إذ تشتمل حضارة الصين على سلسلة كاملة من التطورات التي جرت على ساحة واحدة، وامتدت على مدى ثلاثة آلاف عام على أقل تقدير، ومن ثم لنا الحق في النظر إليها باعتبارها مجموعة من الحضارات المختلفة لولا هذا التجانس الثقافي المذهل الذي بقي واطرد على مدى هذه الحقبة، ويتمثل أحد أوجه هذا التواصل في تطور التكنولوجيا الصينية التي فاقت كل ما أُنجز في الحضارة الغربية حتى نهاية العصور الوسطى الأوروبية. لقد امتلك المشتغلون بالصناعات المعدنية في الصين ناصية تقنية رفع حرارة الأفران بالقدر الكافي لإنتاج الحديد الزهر، وسبقوا الغرب في هذا بزمن طويل، ولكن تحقق لهم هذا دون أن تكون له أصداء اجتماعية عميقة الأثر، بحيث إن التمييز بين عصر للحديد «قديم» وآخر «حديث» ليس له دلالة أو أهمية في الصين. وبالمثل فإن استحداث الطباعة والورق والبارود والبوصلة وغيرها من الابتكارات المهمة، إنما أُنجزت في الصين قبل الغرب ولكن دون أن تتسبب في حدوث أي تحولات عميقة.

ولعل أفضل تفسير لهذا النمط التطوري القول إن المجتمع الصيني في مجمله ظل خاضعًا على مدى الثلاثة آلاف عام لسلطة «الماندارين» أو طبقة كبار الموظفين، ويمثل هؤلاء أرستقراطية مثقفة لا تتوارث السلطة، وتخضع عند الاختيار لتولي مناصبها لاختبارات وامتحانات قائمة على المنافسة، ويمارسون سلطة وقوة عظيمتين باسم الإمبراطور الذي عهد إليهم بهما للعمل في خدمته. والشيء المهم الذي نتوخاه من

حديثنا عن هذه الطبقة من الحكام هو استقرارها، إذ على الرغم من تحكمها في جميع مشارب الحياة في الصين، فإنها لم تكن معادية لظهور تجديدات تقنية بين الحين والآخر، شريطة أن تخدم هدفًا يفيد هذه الطبقة، كما يمكن أن يتمثله النظام الاجتماعي القائم بسهولة. وهكذا تطورت التكنولوجيا الصينية ببطء ولكن في ثبات، بحيث يمكن لأي تجديد أن يدخل بسهولة ويسر ضمن نسيج المجتمع. بيد أن هذه العملية عند مقارنتها بسرعة نمو الحضارة الغربية بدت وكأنها راكدة في ظاهرها، ومن ثم أضحت الحضارة الصينية في موقف الدفاع إزاء التوسع القاطع للغرب. واضطرت الصين الحديثة، شأن بقية العالم غير الغربي، إلى ممارسة «التغريب» رغبة منها في التماس وفرة الثروة المادية التي تبدو في صورة الإنجاز المادي المميز للغرب. ووصولًا إلى هذا تنظر بعين التقدير إلى الدينامية التقنية، وترى فيها الخاصية المميزة للحضارة الغربية.

وعند مقارنة الحضارات الأخرى بالحضارة الصينية نجد أن الغالبية العظمى منها لم تكن لتستجيب سريعًا للتجديدات التكنولوجية. مثال ذلك أن الثقافة الإسلامية التي امتد نطاقها إلى أنحاء واسعة في العالم، قامت بدور مهم للغاية في سبيل نقل وتعزيز تقنيات العالم القديم والصين المعاصرة لها، ووصولها إلى الغرب. هذا علاوة على أنها كانت صاحبة الفضل فيما أحدثته من تجديدات مهمة في بعض مجالات الرياضيات وبناء السفن والملاحة. ولكن الحضارة الإسلامية، شأنها شأن الحضارة الصينية، عجزت عن مواكبة التوسع الانفجاري للتكنولوجيا الغربية، وتبنت أساليب كثيرة لتغريب المجتمع بغية المشاركة في المنافع التي تفيض بغزارة بفضل امتلاك ناصية تكنولوجيا الغرب الدينامية. ويمكن أن نقول الشيء نفسه عن الحضارات الهندية التي حفزتها العقيدة الهندوسية أو البوذية، إذ استحدثت هذه الحضارة تقاليد ثقافية غنية وذات عمق فلسفي، كثيرًا ما افتقدها الغرب، بيد أنها لم تعول كثيرًا على الأداء التقني، ومن ثم فإن المحدثين من أبناء هذه الحضارات العظيمة وجدوا أنه من الضروري — ابتغاء زيادة قدراتهم على إنتاج الثروة — أن يتجهوا إلى الحضارة الغربية يستوحونها ويسترشدون بها.

وهكذا، فإن الحضارة الغربية وحدها — دون الثقافات الدنيوية الأخرى — أصبحت لها سطوة وسلطان على جيرانها وعلى بيئتها بفضل الاستخدام الجاد والنشط لتكنولوجيا دينامية، شجعت على تطورها ظروف اجتماعية توافرت في كل بلد من بلدان الغرب. وسادَتْها — دون الحضارات العالمية الأخرى — عملية ثورة تكنولوجية مستمرة. وكانت هذه عنصرًا فاعلًا ومثيرًا للتصدع الاجتماعي والمنافسة الحادة فيما بين بلدان الغرب.

ومن ثم لم تكن هذه أبدًا حقبة راحة وهدوء في التاريخ العالمي، وإنما كانت على العكس زاخرة ومشحونة بالغيرة الحادة بين الدول المتنافسة. وتفجر هذا كله في صورة سلسلة من الحروب العنيفة، وعانت من ضغوط غير مسبوقة في التاريخ بسبب الزيادة السكانية في ظروف حراك اجتماعي آخذٍ في التوسع باطراد. وواجهت كذلك تحولات عميقة في الثقافة والتوجهات والتطلعات العامة. ومع هذا فإنها حقبة تقتضي تفسيرًا تاريخيًّا؛ نظرًا لما تتصف به من قسمات كثيرة فريدة. وحيث إنها حقبة صاغت معالم وشكل المجتمع المعاصر، فإن التفسير التاريخي يغدو ضروريًّا بغية تقييم آفاق المستقبل لمجتمعنا. وإن دراسة الثورة التكنولوجية التي سادت الحضارة الغربية منذ العام ١٧٠٠م؛ يمكن أن تسهم في فهم الحالة الاستثنائية المشحونة بالمخاطر والاحتمالات، وتحيط بمواطني الكوكب الأرضي مع نهاية القرن العشرين.

الفصل الثاني

عملية الثورة التكنولوجية

تميزت الحضارة الغربية على مدى القرون الثلاثة الأخيرة بخاصية تواصل واستمرارية الثورة التكنولوجية. وهذه الخاصية هي نتاج العديد من التطورات التي تلاقت لتصبَّ معًا في هذا الاتجاه. وأشرنا سابقًا إلى بعض هذه التطورات في الفصل الأول من هذا الكتاب، بينما كنا نستعرض قسمات التطور التقني على مدى آلاف السنين الماضية، وصولًا إلى القرن الثامن عشر. ووضح أن من أهم العوامل ابتكار الزراعة المنظمة التي هيأت إمكان قيام المجتمع المستقر، وخلقت إمكانًا للتوسع السكاني، وكذا ظهور المجتمعات «المتحضرة» الكبيرة التي تميزت بوجود فوارق طبيعية اجتماعية متخصصة، علاوة على فنون الكتابة والحساب. ومن هذه العوامل أيضًا امتلاك مهارات مطردة التقدم دائمًا في مجال صناعة وتشكيل المعادن واستخدام المصنوعات المعدنية، ونشوء وتطور روح البحث العلمي التي رصدت طاقتها لاستكشاف المزيد والمزيد من طبيعة البشر في بيئتهم، ثم أخيرًا — ومع قيام الحضارة الغربية — التنافس الشديد بين الفرق السياسية والدينية المتصارعة، والذي خلق مجالًا لازدهار الآراء التي تلاقت معًا، وحفزت التجارة الداخلية والخارجية وأدت إلى التوسع الاستعماري. وسوف نحاول في هذا الفصل من الكتاب أن نتأمل — عن قرب أكثر — عملية الثورة التكنولوجية التي تحدثنا عنها. وهدفنا هنا أن نفهم طبيعة الابتكار وانتشاره، وأن نستعرض من جديد الطريقة التي أثرت بها هذه العوامل المختلفة في مجتمعنا على مدى القرون الثلاثة الأخيرة.

حاول بعض المؤرخين التمييز بين الابتكار الذي يمثل نشأة منتج صناعي جديد، والتجديد والتطوير، حيث يصف مصطلح «التجديد» تحويل ابتكار ما إلى موضوع تجاري قابل للتطبيق والحياة. ويصف مصطلح «التطوير» ما يلي من مراحل استهدفت تحسين المنتج الصناعي ليكون منتجًا ناجحًا. ولكن مؤرخين آخرين أبرزوا جانب اللاتماثل في

التاريخ التكنولوجي إلى حد كتابة هذا التاريخ برمته من منظور الابتكارات الناجحة، وذهبوا إلى ضرورة أن نُولِي الابتكارات الفاشلة قدرًا من الاهتمام. وهاتان النقطتان صائبتان، ويلزم الإقرار بهما. ذلك أن التمييز بين الابتكار، والتجديد والتطوير هو تمييز ملائم، وسوف نلتزم به هنا. وما دمنا نبحث مسألة التماثل فسوف نجد لزامًا علينا الاهتمام بالابتكارات الناجحة دون الفاشلة، ذلك لأن المنتجات الصناعية الناجحة هي المسئولة عن تحول العالم الحديث، ولكن في المقابل إن الابتكارات الفاشلة مهما كانت أفكارها مهمة ومُوحِية إلا أنها تاريخيًّا غير ذات صلة بموضوعنا. ولكن لدينا ما يبرر لنا اعتبار بعضها عوامل مثيرة لمزيد من الأفكار الناجحة، أو القول إنها كانت احتمالات بديلة لتطورات أخرى وقعت فعلًا.

وإذا أخذنا عملية الابتكار إلى غايتها، كتطور ناجح، حيث تمثل القوة الأولى الدافعة للتغير في المجتمع الحديث فسوف يكون بالإمكان أن نُمايِز بين عدد من الأنماط لها في التاريخ. وثمة ما يغرينا في واقع الأمر بالبحث عن نظرية عن الابتكار قادرة على تفسير آليات العملية، بل وقادرة على أداء بعض الوظائف التنبئية. ولكن يتعين مقاومة هذا الإغراء؛ لأن أي نظرية من هذا النوع تنزع إلى تشويه التنوع الفريد للابتكارية البشرية عن طريق تبسيطها، كما تنزع إلى استعمال التحليل التاريخي في غير موضعه الصحيح؛ إذ تستخدمه أداةً للتكهن بالتطورات المستقبلية. ويكفينا هنا، وفاءً لأهدافنا، أن نُمايِز العوامل التي يتكرر ظهورها دائمًا وبانتظام على مدى عمليتَي الابتكار والتجديد. ونبدأ بالقول إنه لُوحِظ مرارًا وتكرارًا أن الابتكار يأتي استجابةً إلى حافز الحاجة الاجتماعية، أو كما يفيد القول المأثور «الحاجة أم الاختراع». بيد أننا إذا ما نظرنا إلى الحاجات الاجتماعية الكثيرة، الضاغطة في عالم اليوم، والتي لاقت استجابة ابتكارية ناجحة؛ سوف يبدو واضحًا لنا أن «الحاجة أو الضرورة» هي إلى حد كبير مسألة إدراك. إذ يتعين أن تحتل الحاجة بؤرة الشعور من حيث هي حاجة اجتماعية، كما يتعين أن يتوافر الإدراك بأنها قادرة على إدخال قدر من التحسين في التطبيق العملي بشكل أو بآخر. ومن ثم فإن المجتمع القادر على إدخال هذا التطبيق سوف ينتج الابتكار وفاءً للحاجة المعينة، ومثلما لم يكن من المرجح بالنسبة للمزارع الشرقي الذي يعمل في حقل الأرز أن يكشف عن حاجة اجتماعية في مواقف ارتضاها قدرًا محتومًا، فإن الصانع الغربي الذي يحظى بمستوًى معيشي أكثر راحة سوف يبذل كل طاقته وبقوة في سبيل حل مشكلة آلية أو تنظيمية تحدُّ من إنتاجيته.

إن الفارق بين الموقفين الشرقي والغربي في هذه الصورة التخطيطية العامة؛ ليس مجرد فارق يتعلق بالشروط الاجتماعية الحاكمة، على الرغم من أهميتها دون أدنى شك، إنه أيضًا فارق في الموارد الاجتماعية، ذلك أن الأوروبي أو الأمريكي الشمالي يعرف أنه حين يكون إزاء موقف يستلزم تطويرًا أو تغييرًا فإنه يستطيع أن يلوذ بسلسلة من الموارد الاقتصادية والاجتماعية. وها هنا تكون «عوامل الإنتاج» في الاقتصادات التقليدية — أعني رأس المال وقوة العمل والأرض — ميسورة له كي يستخدمها، علاوة على العامل الاجتماعي الذي تمثله المهارة المكتسبة عن طريق التعليم والتدريب. وكمْ من الأفكار الابتكارية لم تجد سبيلها إلى التحقيق العملي بسبب تعذر هذه الموارد!

ونذكر هنا واحدًا من أكثر العقول الإبداعية التي عرفتها الحضارة الغربية، ونعني به ليوناردو دافنشي، إذ يبدو لنا واضحًا من أوراقه أنه تصور أفكارًا عن آلات تطير في الهواء وغواصات، ولكن ظروف إيطاليا في القرن السادس عشر — من حيث رأس المال والمواد الخام والمهارات اللازمة — لم تكن ميسورة له، ولهذا لم تجد أفكاره سبيلها إلى التحقق. وبعد هذا بقرنين من الزمان تهيأت للفنان الاسكتلندي جيمس وات تجربة مماثلة بفضل أفكاره العبقرية، وتصور وات طرازًا جديدًا لآلة بخارية، بيد أنه كان سعيد الحظ جدًّا إذ شاركه رجل من رجال الصناعة من أبناء برمنجهام يُدعى ماتيو بولتون، واستطاع بولتون أن يوفر له رأس المال اللازم والآلات والصنَّاع الحرفيين المدرَّبين. وهكذا تهيأت كل الضرورات اللازمة لكي يحول وات أفكاره إلى منتجات صناعية ناجحة. وبات واضحًا أن أي اختراع لا يمكن أن يصادف قبولًا عامًّا إلا بعد أن تتوافر له مثل هذه الموارد الاجتماعية والاقتصادية.

وإذا ما اعتبرنا الحاجة الاجتماعية والموارد الاجتماعية والاقتصادية شروطًا ضرورية مسبقة لأي ابتكار ناجح، فإن مجرد وجودها فقط لن يكون كافيًا لكي يتحقق. إن كل ابتكار هو وليد فكرة بالضرورة، ومعنى هذا أن أي مبتكر لا بد أن يكون لديه إلهام، وأننا ملزمون بأن نكون عند تحديد ظروف وملابسات هذا الإلهام أقل توفيقًا مما نحن عليه عند تحديد الشروط المادية المسبقة اللازمة للابتكار. والذي لا ريب فيه أن توماس ألفا إديسون كان على صواب حين اعتبر ابتكاراته نتاج ٩٩ في المائة من الجهد والعرق، وأن واحدًا في المائة نتاج إلهام. ولكن من دون شرارة الإلهام لا ضمان لكي يجد أي جهد سبيله لتحقيق النتيجة المنشودة. لقد حظي إديسون بهذه العبقرية الابتكارية، والذي لا شك فيه أن كل مخترع ناجح له نصيب منها. ونحن لسنا على يقين مما إذا كان جيمس وات حرص فعلًا على مراقبة ومتابعة غليان الماء في إبريق الشاي، وأنه فكر كثيرًا في

قوة البخار، ولكنه يقينًا وصف لنا كيف واتته فكرة إنشاء مكثف منفصل وكأنها ومضة أشرقت بينما كان يسير الهُوَينَى بعد ظهر يوم من أيام السبت في حديقة جامعة جلاسجو، وهذه هي الفكرة التي أحدثت تغييرًا ثوريًّا في الآلة البخارية القديمة الفجة. وحدث الشيء نفسه مع كل من ويلبور وأورفيل رايت، إذ دأبا على مراقبة حركات طائر النورس، ومن ثم تصوَّرا المبادئ الأساسية للطيران الموجَّه. وكم من الملاحظات والمشاهدات التي تبدو لنا بسيطة في ظاهرها — ما لم يكن المرء لديه المبادرة لاتخاذ موقف محدد ومسبق بشأنها — قادت أصحابها إلى ابتكارات تاريخية فاصلة.

ويبدو من المرجح أن الابتكارات تأتي لأصحاب العقول المهيأة لذلك. فالشائع أن بريند لي صارع وكافح في سبيل حل المشكلات الخاصة بإنشاء قنال، حتى لازمته المشكلة في نومه وصحوه بحثًا عن حل لها. وثمة شواهد كثيرة تؤكد أن مثل هذا الكشف أو الإلهام إنما يتوافر لعقل مهيأ جيدًا للصراع مع مشكلة غير مألوفة. وطبيعي أن المشكلة حين تكون مشكلة غير مألوفة فسوف يكون عسيرًا أن تحدد بالضبط أي الاستعدادات هي الأكثر ملاءمة، بحيث تقود الباحث إلى الحل الصحيح. وهناك أمثلة لاختراعات تقتضي اشتراك عديد من المباحث العلمية، وتستلزم من المخترع خبرة جديدة للتصدي لمشكلة تستعصي على الحل. والملاحظ أن المشروعات الصناعية الحديثة عمدت إلى مواجهة هذه الاحتمالات عن طريق إنشاء فرق بحث من ذوي المهارات المشتركة، للعمل من أجل استثمار الأفكار الجديدة. ولا شك في أن هذه المناهج حققت نتائج مجزية جدًّا في مجال الإلكترونيات والصيدلة والهندسة الكيميائية، علاوة على مجالات بحوث أخرى. ولكن يظل الابتكار في نهاية المطاف ظاهرة شخصية إلى حد كبير جدًّا. فالإلهام يحدث لشخص بذاته، وفي حالة خاصة للعقل، ومع درجة مميزة من الاستعداد، ولكن المفهوم البشري الحيوي، أعني ومضة العبقرية، فهي بحكم طبيعتها الجوهرية شيء لا يمكن التنبؤ به.

وهكذا لا يمكن اختزال الابتكار إلى مجموعة من المقولات النظرية الخالصة، ونظرًا لأنه يرتكز على الإلهام عند المبدعين فإننا نجد الكثير من الأوجه المشتركة بينه وبين الفن، وهو — شأن الفن — لا يمكن التنبؤ به. وجدير بنا أن نركز على علاقة الترابط هذه، لأن الناس عادةً ما يغفلونها في عصرنا المعتمد على الميكانيكا. ونحن نعرف أن الابتكار الخيالي عند تصميم محرك السيارة أو هيكل كوبري ضخم أو ابتكار خصائص مادة بلاستيكية جديدة؛ إنما هو عمل له خصوصياته الجمالية التي يتبدى فيها الجمع بين الإبداع وأناقة الأداء الوظيفي، إذ لا بد أن يكون المهندس القائم بالتصميم راضيًا، لأن هذا

الابتكار أو ذاك يعطي «إحساسًا» بأنه صواب، حتى إن تعذر عليه تفسير هذا الشعور الحدسي. وليس بالإمكان استحضار هذه الخصوصيات حسب ترتيب خاص، ولكن يمكن تشجيعها. ولعل أهم شرط في الشروط الأولية اللازمة لتحقيق ابتكار ناجح هو شرط وجود وسط اجتماعي متعاطف معها ولها. ولقد قيل عن حق: إن «ابتكار الابتكار» هو من أهم القسمات المميزة للحضارة الغربية الحديثة، ونعني بذلك قيام نظام اجتماعي داعم للمبدعين ولأفكارهم. ونذكر من بين عناصر هذا النظام خلق نظام للحماية القانونية عن طريق شبكة ملائمة لقواعد منح براءة الاختراع حتى يمكن للمبتكر أن يتمتع بالعائد المادي الذي يستحقه عن أفكاره. ونذكر من بينها أيضًا وجود مجتمع متسامح وقابل لأن يمنح المبتكر جوائز أخرى في صورة ترقٍّ اجتماعي وتقدير عام. ويشتمل مع هذا كله على التشجيع النشط من جانب هيئات ومؤسسات المال، وعلى قدر من الرعاية عند النهوض بمخططات كبيرة. وهكذا، وعلى الرغم من عدم إمكان تحديد «نظرية عن الابتكار» تحديدًا صحيحًا، فإن من الواضح أن ثمة نمطًا من الشروط الأولية التي يلزم توافرها للابتكار الناجح الذي يجعل من الممكن الإقرار بمجموعة من الظروف والملابسات، التي من دونها لا يمكن للابتكار أن يزدهر.

وإذا تصورنا أن طبيعة الابتكار تؤلف أول مشكلة كبرى في تاريخ التكنولوجيا فإن المشكلة الثانية هي ذيوع الابتكار أو التجديد. وتتسم المجتمعات البشرية بحقيقة مذهلة، وهي أن الابتكارات الناجحة تنتشر من موطن نشأتها لتتبناها مناطق أخرى تكون عادةً مهيأة تمامًا للشروع في تنفيذها، وإن كانت بعيدة تمامًا عن موطن النشأة. ونجد أن آليات عملية الانتقال هذه غامضة أحيانًا، ومن ثم يكون عسيرًا التمييز بين الابتكارات التي تحدث متزامنةً في وقت واحد. مثال ذلك: هذا الميلُ القوي لدى علماء الآثار الأوروبيين إلى الاعتقاد بأن كثيرًا من الابتكارات المهمة في العصور الكلاسيكية مأخوذة عن حضارات الشرق الأوسط الذي نشأت فيه وانتشرت انطلاقًا منه. ولكننا إذا ما تأملنا، كمثال، تلك الآثار الميغاليثية megalith[١] الضخمة فإننا قد نقول إن المهارات الرياضية التي تنطوي عليها عملية التشييد كانت شديدة التعقيد، بحيث لا يمكن الزعم بأصالتها بالنسبة لمجتمعٍ

[١] الإشارة هنا إلى أطلال يرجع زمنها إلى عصور ما قبل التاريخ في سهل ساليزبري في إنجلترا، وأقيمت الحقبة الميغاليثية التي تميزت باستخدام أحجار ضخمة غير منحوتة. وهي في صورة تكوينات دائرية لألواح وعينات حجرية منتصبة، وترجع إلى الفترة ما بين ١٩٠٠–١٧٠٠ق.م. (المترجم)

قبليٍّ أميٍّ قيل إنه كان يحتل جنوب بريطانيا في الألف الثانية ق.م.، وهو تاريخ إنشائها. ولهذا فإن أصحاب هذه الحُجة افترضوا أن هذه الأطلال أُقيمت تحت إشراف وتوجيه حرفيين مَهَرة، استجلبوا المهارات اللازمة من حضارات شرق المتوسط حيث كانت موجودة يقينًا هناك. والبديل عن هذا القول إن مجتمع شمال أوروبا — الذي كان يستوطن هذه المنطقة على مدى قرون قبل أن تبسط الإمبراطورية الرومانية سلطانها هناك — كان مجتمعًا أقل بدائية مما هو مفترض، وأن المهارات تكشَّفت تلقائيًّا لكي تضيع ثانية بعد إقامة تلك الأطلال الحجرية الميغاليثية. وطبيعي أن كلتا النظريتين تحتاجان إلى خيال حادٍّ متوقد، وأن من الأفضل تعليق الحكم إلى حين توافر المزيد من المعلومات الأركيولوجية.

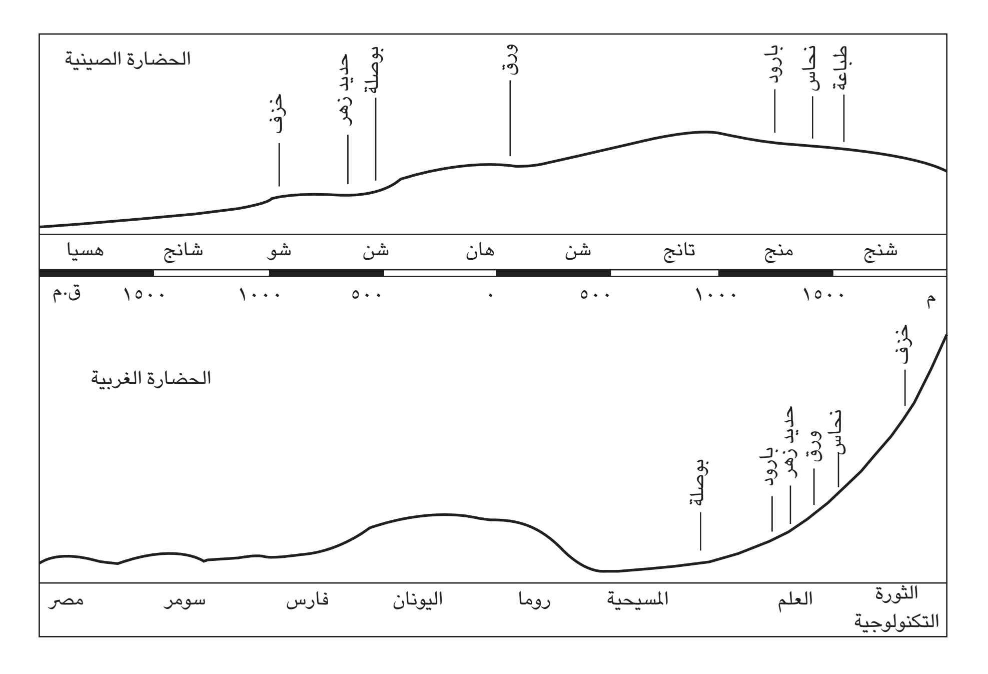
مثال آخر عن السجال بين النزعة الانتشارية والتوالد التلقائي نجده في محاولة المستكشف وعالم الأنثروبولوجيا النرويجي ثور هايردال للبرهنة على وجود نوازع انتشارية على نطاق الكوكب الأرضي كله، إذ دُفع مؤكدًا أنه كان بالإمكان تقنيًّا أن يعبر شعب بولينيزيا جنوب المحيط الهادي فوق أطواف معتمدًا فقط على تيارات المحيط والقوة البحرية البدائية. وأكد أيضًا أنه كان بإمكان الصناع الحرفيين الذين تعلموا في مصر أن يعبروا شمال المحيط الأطلسي فوق أطواف مماثلة. وبرهن على صدق نظرته بأن قام بنفسه بالعبور هنا وهناك، وانتهى إلى أن لا مناص من التسليم بأن الثقافة البولينيزية قد عبرت على الأرجح المحيط الهادي من جنوب أمريكا إلى نيوزيلندا، وأن مهارات التشييد والبناء عند أهل حضارات المايا والأزتيك والأنكا إنما اكتسبوها على الأرجح من مصر القديمة. وإن القول بإمكان انتقال التكنولوجيا من مصر إلى أمريكا يحظى باهتمام خاص من وجهة نظرنا. ولكن يتعين القول إننا لم نضع أيدينا بعد على برهان حاسم يؤكد حدوث هذا الانتقال على هذا النحو، وإنه من الغريب أننا لم نعثر على دليل مكتوب في المخطوطات الهيروغليفية — وهي كثيرة — يحدثنا عن مجتمعات العالم الجديد لو كان هناك أي تأثير مصري، لذا نقول مرة أخرى إن من الأفضل تعليق الحكم آملين أن يتوافر لنا المزيد من الأدلة والبراهين.

وإن مسألة انتشار الابتكارات الصينية وانتقالها إلى الغرب مسألة شديدة الحساسية؛ لأنها تشي بأن الحضارة الغربية مستمدة في بعضها من هناك، وهو الأمر الذي أحجم المؤرخون الغربيون بعامة عن قبوله. بيد أننا سبق أن لاحظنا أن الحضارة الصينية واحدة من أقدم الحضارات العظمى، وأنها تطورت في مسار متصل ومتجانس نسبيًّا ابتداءً من الألفية الثانية قبل الميلاد. ولاحظنا مع هذا أنه قد تيسرت لها في ظل الأرستقراطية غير

الوراثية من كبار موظفي الدولة إمكان تبنِّي ابتكارات نافعة ووضعها موضع التنفيذ في مجالات اجتماعية بناءة. واستطاع الصينيون أن يمتلكوا، قبل الحضارة الغربية، ناصية استخدام عديد من التقنيات، من بينها تقنيات استخدام الحديد الزهر، وصناعة البارود والخزف، والتصميم الهندسي للساعات الميكانيكية، وطواحين الهواء، والطباعة المتحركة. ونظرًا لأسبقية الصين المؤكدة في الكثير جدًّا من مجالات الكفاءة التكنولوجية فإن من الممكن على أقل تقدير القول إن هذه القدرات انتقلت إلى الغرب، وإن هناك في الواقع دلائل قوية جدًّا — وإن افتقرت إلى دليل حاسم — على أن مثل هذا الانتقال حدث بالفعل في أغلب الحالات. مثال ذلك البارود، إذ يبدو يقينًا أن المخترعين الأوروبيين استلهموا وسائل التجريب مع عدد من التركيبات التي أحضرها بعض الرحالة عند عودتهم من الصين، ولكن الأمر ليس بمثل هذا الوضوح بالنسبة لحالتَي طواحين الهواء والطباعة. أما عن آليات أو حيل الساعة الميكانيكية فقد طورها الأوروبيون بناءً على تصميمات تحكُّم مختلفة عن تلك المستخدمة في الصين. والملاحظ فيما يتعلق بالخزف فإن الغرب لم يحاول إخفاء رغبته في محاكاة وتقليد الطرق الصينية. وإن الشيء الذي لا يدانيه شك تاريخي الآن هو أن أوروبا تأثرت بالتفوق التقني الصيني فكان حافزًا قويًّا لها إبان العصور الوسطى. وظل هذا الأثر قويًّا فيما بعد في مجالات عدة، من بينها الخزف. هذا على الرغم من أن الغرب تهيأت له قوة دفع ذاتية في مجال الابتكار التكنولوجي بعد العام ١٥٠٠م.

وفي مقابل النظريات التي تُحدثنا عن انتقال الاختراعات من مصدر أو مصدرين رئيسيين؛ نجد تفسيرًا بديلًا يؤكد أساسًا على عالمية الاختراعات. وتقضي هذه النظرة بأن الاختراعات تميل إلى أن تحدث طبيعيًّا وعلى نحو متزامن ما دامت الشروط ملائمة لذلك. ومن الأهمية بمكان أن نعترف بأهمية هذه الحُجة؛ ذلك لأنها تعتمد على خصائص الفضول المعرفي وقابلية التكيف، وهي خصائص — كما رأينا في السابق — كانت قسمات حاضرة دائمًا لدى الأنواع الشبيهة بالبشر، ونخص بالذكر منها الإنسان العاقل. ومن المحتمل علاوة على هذا أن البشر رجالًا ونساءً راودتهم دائمًا أفكار تحفز إلى الابتكار ثم ضاعت أو طواها النسيان، وأن هذا هو السبب في تواتر الابتكارات وتكرارها على مدى الزمان. بيد أن تطور وظهور المجتمعات المتمدنة نزع إلى إسباغ طابع مؤسسي على التكنولوجيات من خلال الكتابة والقراءة والحساب والتعليم، ومن ثم أصبحت الابتكارات أقل عرضة للضياع، واتسع نطاق احتمالات محاكاتها. ويعني هذا أن آليات الانتقال يمكن أن تكون فاعلة ومؤثرة بالنسبة لجميع الابتكارات، سواء كانت حديثة أصيلة أم مستمدة من تراث

قديم، ومع الاعتراف بإمكانية أن يحدث الابتكار المتزامن في أي زمان أو مكان في المجتمع البشري؛ يصبح لزامًا أن نضع في الاعتبار واقع أن الابتكارات في المجتمعات المتمدنة في الأقل انتقلت لأسباب عدة ومتباينة — وهو ما يمكن أن نسميه «آليات الانتقال».



شكل ٢-١: التطور المقارن لحضارات العالم (المحاور الرأسية تمثل الاستقرار والتعقد والتطور الحضري ... إلخ).

وتشتمل هذه الآليات على هجرة الصناع الحرفيين، وتسويق المنتجات الصناعية، ونقل المعلومات عن طريق الرحالة، وكذا المعلومات التي تنشرها الصحف السيارة أو التي تتضمنها براءات الاختراع وغير ذلك من منشورات وسجلات. وإن لنا كل الحق في أن نرصد جميع هذه العمليات في التطبيق.

ولكن من المفيد أن نُمايِز بينها كعوامل في الثورة التكنولوجية، فإن قدرة الصناع على نقل مهاراتهم من بيئة إلى أخرى كانت واحدة من أقوى وسائل النقل، وكان بالإمكان

حثهم على الانتقال بوسائل عدة، من بينها الرشوة أو ما ينتظرهم من جزاء مالي. وكانوا يُنقلون غصبًا بسبب الاسترقاق أو النفي كعقوبة، أو يهربون خوفًا من اضطهاد سياسي أو ديني، أو ينتقلون لا لشيء سوى الرغبة في الْتِماس حياة جديدة في مكان آخر. وأيًّا كان سبب الانتقال فقد كانوا يرحلون ومعهم مهاراتهم، وإذا أعوزتهم لسبب أو لآخر الأدوات أو المواد الملائمة واللازمة فإنهم يكونون قادرين على إعادة ابتكار خبرتهم التقنية في بيئتهم الجديدة. ولعل من أهم الأمثلة الموثقة والدالة على هذا حالة صمويل سلاتر وآخرين، الذين حملوا معهم عبر الأطلسي في نهاية القرن الثامن عشر مهاراتهم بشأن تشغيل ماكينات النسيج الحديثة، واستطاعوا بذلك أن يُعجِّلوا من حركة تطوير صناعة النسيج في الولايات المتحدة.

ويمكن أيضًا أن تكون المصنوعات ذاتها مصدر إلهام لنقل التكنولوجيا. مثال ذلك أن البحارة الغربيين حين شاهدوا لأول مرة البوصلة الصينية كابدوا في سبيل الإفادة بها، ومحاكاة هذه الأداة ذات النفع الكبير الذي يفوق كل تقدير في مجال الملاحة. ونلاحظ على مدى تاريخ البشرية أن رؤية واستعمال منتج صناعي جديد جمِّ النفع حفَّز المنتفعين به إلى بذل الجهد لتقليده وصناعة مثيل له، حتى إن جاء التقليد غير مطابق في بعض مواصفاته. ويحدث أن يأتي المنتج المقلَّد أفضل عمليًّا من الأصل، ومن ثم يمثل منتجًا مغايرًا أو أجود من سابقه. وأكثر من هذا أن مجرد نموذج كامل للمنتج الصناعي يكون كافيًا ليعرف منه الصانع الذكي ما الذي يحتاج إليه لكي يحاكيه ويصنع مثلًا له. وأفادت نماذج السفن حتى عهد قريب جدًّا في أداء هذا الدور في مجال صناعة السفن. ونقول مرة ثانية إن عودة الرحالة من البلدان الأجنبية ظلت دائمًا مصدرًا مهمًّا للمعلومات بشأن نقل التكنولوجيا. وهكذا نجد دور هؤلاء الرحالة — من أمثال مارك بولو الذي زار الصين خلال القرن الثالث عشر — دورًا بالغ الأهمية للحصول على المعارف الخاصة بعجائب تكنولوجيا الشرق. ونعرف أن رحالة من جميع المشارب والاهتمامات — دبلوماسيين وتجارًا وسواحًا — جابوا كل أنحاء الغرب، وتنقلوا من هذا البلد إلى ذاك فكانوا مصدرًا مهمًّا للغاية لنقل الخبرات التكنولوجية. وربما جلبوا هذه الخبرات بطرق غير مشروعة، ولكنها في جميع الأحوال كانت ذات فائدة جمة في هذا الاتجاه، ونضيف إلى هذا مصادر المعلومات المنشورة في صورة وثائق رسمية، مثل مواصفات براءات الاختراع، والأوراق الرسمية، مثل الصحف والدوريات التجارية، وغير ذلك كثير جدًّا من صور المعلومات المطبوعة، إذ كان لهذه المصادر أيضًا أثرها الفعال كوسيلة لنقل التكنولوجيا.

وتُعتبر جميع هذه الوسائل المشار إليها في نقل التكنولوجيا هي وسائل وحِيلًا اجتماعية، إنها موجودة لأن التكنولوجيا يجري إنجازها داخل إطار اجتماعي محدد تمامًا بحيث يشجع — أو إنه على أقل تقدير يجيز — التبادل الميسور للعاملين، وللمعلومات والمنتجات الصناعية. ويشير هذا النموذج للعلاقات الاجتماعية إلى مجال آخر رئيسي له أهمية في تاريخ التكنولوجيا، إذ بعد مشكلات الابتكار ونقل المعلومات التكنولوجية يبقى لدينا الانتشار الاجتماعي للتكنولوجيا. قد لا يكون ثمة مجال للشك في أن الابتكار التكنولوجي كان عاملًا مهمًّا من عوامل التغيير الاجتماعي، على الرغم من أن طبيعة هذه العلاقة تبدو لنا أحيانًا شديدة التعقد للغاية، بحيث يتعذر علينا تفكيك الروابط العلمية وبيان أيها علة للآخر. إن الابتكار التقني من شأنه أن يشوش أو يغير من الآليات «الطبيعية» للسكان، مثال ذلك أن ييسر الابتكار إنتاج المزيد من غلة مساحة منزرعة، أو أن يقضي على أسباب مرض ما، وهذا من شأنه أن يحفز بدوره حركة التحضر، ومن ثم يزعزع الأنماط التقليدية للحياة وسبل تنظيم العمل. ونجد بالمثل أن التقدم في التكنولوجيا العسكرية يغير من موازين القوى السياسية، ويشجع بالتالي على المنافسة والحرب، بينما تحسين سبل النقل والمواصلات يكسر حدود الزمان والمكان. وطَبَعي أن هذا التقدم في صوره المختلفة يعزز عملية التغير الاجتماعي. وكثيرًا ما يحدث هذا بطرق غير متوقعة وغير مستهدفة، ويؤثر تأثيرًا مباشرًا في نسق القيم للعقائد التقليدية، وفي الخيال الفني والأدبي. ويتحمل مؤرخو التكنولوجيا مسئولية استكشاف عواقب موضوع دراستهم حتى إن تعذر عليهم الوصول إلى إجابات شافية بشأن ما ينطوي عليه هذا الموضوع من مشكلات.

ونشهد محاولات عدة استهدفت بيان أن عمليات التغير الاجتماعي الناجمة عن الابتكار التكنولوجي تخضع لنمط نسقي. ونذكر من بين هذه المحاولات المتميزة محاولة لويس مامفورد التي وردت في كتابه «التقنيات والحضارة» الذي صدرت طبعته الأولى العام ١٩٣٤م. استعان مامفورد بثروة كبيرة من المادة المصورة ليُمايِز بين سلسلة من المراحل الثقافية في مسار تطور الحضارة الغربية تأسيسًا على علاقاتها بالتكنولوجيات التي ازدهرت في كل مرحلة من هذه المراحل. وأولى هذه المراحل مرحلة «فجر التقنيات Eo-technic phase»، وترتكز هذه المرحلة على الخشب والطاقة المائية، وامتدت حتى القرن الثامن عشر، وتميزت بالتكنولوجيات البسيطة السهلة بطبيعتها. وأعقبتها مرحلة «التقنيات البدائية Palaeo technic phase»، وترتكز على استغلال الفحم والحديد،

وانعقد لواء الريادة فيها لبريطانيا حتى أواخر القرن التاسع عشر. ثم تَلَتها مرحلة «التقنيات الحديثة Neo technic phase»، وانتقل مجال الريادة في هذه المرحلة إلى بلدان أوروبية أخرى وإلى أمريكا، واقترنت تقنياتها باستخدام الكهرباء وآلة الاحتراق الداخلي. وأشار أخيرًا إلى احتمال ظهور مرحلة «التقنيات الحيوية Bio technic phase»، ورأى أن هذه المرحلة ستُفْضي إلى خلق المزيد من علاقات التوافق بين الإنسان والتكنولوجيا تفوق كل ما حدث في السابق. وعلى الرغم من ثراء هذا الرأي بالتصورات شديدة الذكاء، وملاءمته للنواحي التربوية، فإنه أولًا لا يتعدى كونه نمطًا وصفيًّا يصف مراحل مختلفة لتطور المجتمع الحديث، وليس تفسيرًا لأسباب هذا التطور. والملاحظ أن الأجزاء التي تقدم تفسيرًا هي الأقل إقناعًا، ويغلب عليها الطابع الإنشائي وتدعم العديد من الأسئلة دون إجابة.

وحاول معلقون كثيرون، سواء قبل مامفورد أو بعده، وضع تفسيرات نسقية للثورة التكنولوجية. ونجد النسق الماركسي من أبرز الأنساق الفكرية الباكرة. ولقد غالى، إلى حد الإفراط، كلٌّ من ماركس وإنجلز في تأكيد العنصر التكنولوجي في عملية التغير الاجتماعي، خاصةً فيما يتعلق بدور «المكننة» في تحول أنماط العمل من أنماط عمل منزلي إلى تنظيم للمصانع. وتركز تأكيدهما دائمًا وأبدًا على الثورة السياسية التي تأتي ثمرةً لهذه التطورات. وأفسد فعاليةَ حُججهما إصرارُهما على استقطاب العناصر المشتركة في الطبقات الاجتماعية المتنازعة، وأدى هذا الاستقطاب إلى المغالاة في تبسيط العلاقة وإلى التقليل من شأن المشاركة المباشرة من جانب الأفراد في العملية. وحاول الكُتاب اللاحقون الملتزمون بهذا التقليد تأكيد معامل ارتباط بين تواتر الابتكارات ودرجة التحول الاجتماعي السياسي، غير أن النتائج لا تزال تمثل إشكالية.

والجدير ذكره أن غالبية المناقشات بشأن الأنساق التكنولوجية وعلاقتها بالمجتمع جاءت على أيدي علماء اجتماعيين — من علماء اقتصاد توَّاقين إلى تطبيق تقنيات رياضية في القياس والتحليل، ومن علماء اجتماع تحدوهم رغبة شديدة في إثبات طبيعة «البنية الاجتماعية» للتحول التكنولوجي. وقدم كل فريق بعض الأفكار المفيدة، وإن لم يقدم أيٌّ منهما نسقًا تفسيريًّا مقنعًا لعملية الثورة التكنولوجية. ولقد كان التحليل الاقتصادي ذا قيمة رفيعة المستوى في تأكيده على أهمية التقديرات الكمية الدقيقة كأساس للتأمل النظري. بيد أن تطبيقه لنظرية الاحتمال المقابل (بمعنى محاولة تحديد ما كان يمكن أن يحدث لو أن ابتكارًا بذاته لم يرَ النور) في سبيل تفسير مشكلات في التاريخ التكنولوجي،

مثل إحلال الطاقة البخارية محل الطاقة المائية، وكذلك إحلال النقل بالسكك الحديدية محل النقل المائي إنما كان أقل فائدة. ويرجع هذا إلى أن الحسابات لا يمكن أبدًا أن تكون دقيقة تمامًا بحيث تشمل ما تنطوي عليه هذه العملية من متغيرات لا حصر لها. أما عن إسهامات أنصار «البنية الاجتماعية» للتكنولوجيا فإنها استثارت حماسة كبيرة وسخونة، ولكنها لم تلقَ بعد سوى أضواء قليلة. والعقبة هنا هي أن علماء الاجتماع نزعوا إلى تناول المشكلات في تاريخ التكنولوجيا على مجموعة أسس واسعة من التصنيفات النظرية و«إطار فارغ من المفاهيم»، ملئوه بالمادة التاريخية المتاحة. وها هنا يتعذر الوصول إلى الدليل ما لم يكن ملائمًا ومتسقًا مع هذه الأُطر المتصوَّرة مقدمًا، وغالبًا ما يأتي «الحل» لأي مشكلة تاريخية في صورة حل مفترض ضمن بنية النظرية التي يجري بحث المشكلة تأسيسًا عليها. وإذا كنا على يقين من أن كل بحث تاريخي يستلزم توافر معيار ما ينبني عليه التنظيم النظري الأولي، فإنه يتعين ألا نسمح لهذا بالهيمنة على عملية البحث. وها هنا تحتاج جهود علماء الاجتماع إلى صقل وتشذيب.

وواضح أن مفهوم الثورة التكنولوجية هو نفسه مُفترَض نظري، ويتعين معالجته بقدر من الحرص. ونلحظ ميلًا إلى تجنبه في التفسيرات الأخيرة للتاريخ التكنولوجي الحديث التي تعتمد على السرد بصورة حرفية مغالية، مثال ذلك أن جيمس بيرك في مسلسله التليفزيوني الناجح للغاية، والذي يحمل اسم «روابط Connections» يعرض باستفاضة كبيرة كيف أن ابتكارًا في مجال ما يمكن أن يفضي إلى تطورات غير متوقعة في مجالات ليست بالضرورة ذات صلة مباشرة. واستهل عرضه ببيان تخطيطي عن حالة العطل الضخم الذي أصاب القوى الكهربائية في الولايات الشمالية الشرقية للولايات المتحدة الأمريكية العام ١٩٦٥م، الذي توقفت معه فجأةً الحياة المدنية، وذلك بسبب حالة الإظلام التام وتوقف المصاعد وتعطل المرور في أكبر مدن العالم. وتتبَّع سبب هذه الكارثة عبر سلسلة من الملابسات المتداخلة التي أدت إلى تعطل قاطع التماسِّ الآلي، وهذا من شأنه أن يحدد نمط اختيار مثل هذه الوصلات عبر كل تاريخ التكنولوجيا. وكانت النتيجة مسلية ومفيدة إلى حد ما معلوماتيًّا، ولكن الاستثارة وَهَنت أخيرًا نظرًا لأن المشاهد أو القارئ بدأ يشعر بأنه كان بالإمكان ربط أي نتيجة بأي علة اعتمادًا على براعة بيرك نفسه. أما عن تاريخ التكنولوجيا فقد بدا وكأنه خليط مشوش من علاقات محددة بنجاح لتحقيق غاية بذاتها ويُعوِزها الارتكاز على مبدأ تنظيمي واحد.

وأكد أرنولد باسي منذ عهد قريب جدًّا فكرة مماثلة في كتاب «التكنولوجيا في الحضارة العالمية». ولكنه التزم هنا جانب الدراسة العلمية الأكاديمية أكثر من بيرك، وقدم تفسيرًا

متسقًا بشأن تاريخ التكنولوجيا. وتتمثل قوة هذا العمل في برهنته على اتصال واستمرار عمليات التغير المتبادلة في مجال التطور التكنولوجي بين الثقافات الرئيسية في العالم. ونجده في تتبعه لهذا «الحوار أو الجدل التكنولوجي» ينجح في بيان الكيفية التي انتقلت بها الابتكارات بين الحضارات الآسيوية والصينية والإسلامية والهندية والأفريقية والأمريكية، وأيضًا وبطبيعة الحال الحضارة الغربية. ويمثل الكتاب إنجازًا مثيرًا للانتباه، ولكن تعتوره أحيانًا حالات من الهبوط وعدم الإثارة، وذلك أن الابتكار التكنولوجي يرده إلى حالة من الألفة التي لها تفسيرها مع إدراك ضعيف للخاصية الثورية غير العادية، التي تتسم بها غالبية التكنولوجيا الحديثة. بيد أن هذه هي تحديدًا القضية موضوع الجدل، إذ حين يؤكد كلٌّ من بيرك وباسي على الترابطات المتبادلة في التاريخ التكنولوجي فإنهما يفعلان هذا عن طريق إغفال خصائص التكنولوجيا الغربية الحديثة. هذا بينما نجد مفهوم الثورة التكنولوجية معنيًّا بتركيز الانتباه على هذه الخصائص باعتبارها أهم جوانب السرد التاريخي.

ويشدد جورج بازالا في كتابه الصادر حديثًا تحت عنوان «تطور التكنولوجيا» على إمكان النظر إلى الثورة كنوع من التطور المتسارع، وإلى تاريخ التكنولوجيا كعملية تطورية. ويؤكد قائلًا: «إذا كان لا بد للتكنولوجيا أن تتقدم فلا بد أن تظهر الجِدة واضحة وسط ما هو متصل ومستمر» (ص٨ من المقدمة). ويدرك بوضوح استحالة عقد مناظرة دقيقة مع التطور الدارويني لأنواع النباتات والحيوانات، وذلك لسبب بشري أساسًا، وهو أن التطورات التكنولوجية تتفاعل بعضها مع بعض على نحو مغاير تمامًا لما يحدث من تفاعل بين الأنواع النباتية والبيولوجية. بيد أنه مع هذا يشدد على فائدة الاستعارة المجازية في تفسيره التاريخي لبيان وجود بنية أساسية لعملية الاتصال، وهذا هدف يمكن قبوله. ولكن ليس ضروريًّا من أجل تحقيقه أن ننكر أن بعض الابتكارات أكثر جِدة من سواها، وأن بعضها أفضت إلى نتائج جذرية أو مثيرة للتشوش، بينما أمكن استيعاب البعض الآخر وتمثله دون أي مشكلات. أو لنقلْ بعبارة أخرى إنه بينما يمكن التأكيد على أن التاريخ التكنولوجي بعامة يكشف عن خصائص قوية تثبت حالة الترابط التطوري المتداخل، إلا أن هذا لا يحول دون إمكان القول إن التطورات التي شهدتها الحضارة الغربية على مدى ثلاثة قرون انطوت على شيء ثوري أصيل.

إن الثورة التكنولوجية عملية متصلة أكثر منها حدثًا منفردًا. إنها عملية التحول المتصل والعميق في البنية الأساسية التقنية للمجتمعات البشرية، حيث حول البشر رجالًا

ونساءً سبلهم في صنع وأداء الأشياء، وبذا زادوا من قدرتهم على خلق الثورة وعلى تدمير الذات في آن واحد. ولقد اطردت هذه العملية ولا تزال منذ قرون طويلة، ولعلها بدأت على أقل تقدير منذ نشوء المجتمعات الزراعية المستقرة في العصر الحجري الحديث (على نحو ما هو مُبيَّن في الشكل ١-٢)، ولكن هذه العملية تسارعت خلال القرون الثلاثة الأخيرة في أثناء مسيرة التصنيع، وتوحدت مع الهيمنة العالمية للحضارة الغربية. والجدير بالملاحظة أن هذا التوحد أو الدمج تفردت به الحضارة الغربية، لأنه على الرغم من أن الحضارات الأخرى حققت إسهامات مميزة لعملية الثورة التكنولوجية، فإن حضارة الغرب خلال العصر الحديث تفردت بقَسَمة مميزة وخاصية بارزة، هي أنها حققت كلًّا من نعمها الأساسية (مثل القدرة على رفع مستوى المعيشة)، ونقمها أو لعناتها الكثيرة (بما في ذلك منشآتها للدمار الشامل).

ولم تكن الثورة التكنولوجية العامل الوحيد للتحول الاجتماعي في الحضارة الغربية. وليس فيما نقول محاولة لإحياء نهج بالٍ يعتمد على تفسير كل ظواهر التاريخ الحديث في ضوء علة واحدة. ومع هذا، فإذا كنا نجد عوامل أخرى — مثل حياة المدينة، واقتصاد السوق، والضغوط السكانية، والدافع الديني وغيرها — قد ظهرت واضحة في جميع الحضارات في أزمنة وأمكنة مختلفة، فإن الاستغلال المنهجي المنظم للابتكار التكنولوجي على نطاق واسع لا نجده إلا في الحضارة الغربية وحدها. وهذه الحقيقة هي التي تبرر لنا أن نركز انتباهنا بشكل خاص على ظاهرة الثورة التكنولوجية. ونلحظ في جميع الأحوال أن التزام الثقافة العالمية للحضارة الغربية بالتكنولوجيا هو الذي حددها على نحو غير مسبوق، ولذا فإن اكتشاف علل ونتائج هذا الالتزام هو القضية الرئيسية في كتابنا هذا.

وجدير بالملاحظة أن مصطلح «الثورة التكنولوجية» نستخدمه هنا بصيغة المفرد لوصف عملية تتصف بالشمول والاستمرارية. وهناك من يعترض بأن هذا الاستعمال يُعوِزه ما يفيد ضمنًا حدوث انقطاعات فجائية في الممارسة مقترنة ببعض الثورات السياسية. وردُّنا على هذا أنه يتعين علينا ألا ننسى أن الكثير من هذه الانقطاعات التي تحدث لأسباب سياسية في الظاهر هي أقل جذرية مما تبدو عليه للوهلة الأولى. هذا علاوة على أن التحولات العميقة المقترنة بالثورة التكنولوجية جديرة بأن نعتبرها ثورية، شأنها شأن أي تطورات أخرى في التاريخ. ولا يستحق الأمر منا الدخول في جدال واسع بشأن الدلالة اللغوية، ولكننا نتبنى هنا وجهة نظر محددة تقضي بأن الثورات التاريخية كان تأثرها بالانقطاعات أقل من تأثرها بالابتكارات الجديدة والتحولات الاجتماعية. وواضح أن العملية التي نحن بصدد معالجتها تتضمن يقينًا الكثير من هذه العوامل التي سوف

نعرضها. موجز القول أن الحُجج المتعلقة بالانقطاعات التكنولوجية والتطور التكنولوجي، وخاصية الترابط المتبادل، وهو ما عرضنا له توًّا؛ جميعها من الأمور المسلَّم بها هنا. ولكن من المقرر أن التحولات الاجتماعية الناجمة بفعل هذه التطورات تتسم بالعمق والتلاحم بحيث تستحق أن نراها جزءًا من عملية الثورة التكنولوجية المتصلة.

ونشأ الطابع المتلاحم للثورة التكنولوجية من الخبرات المشتركة في مجال الإبداع والابتكار والتجديد والتطور، ومن عملية الانتقال وآثارها الاجتماعية. وهذه أمور مشتركة وتحظى بالتشجيع المتبادل داخل إطار الحضارة الغربية. وسبق لنا أن ناقشنا القسمات الرئيسية المميزة لهذه الجوانب من عملية الثورة التكنولوجية، ولكن حري بنا — ونحن نختتم هذا الفصل — أن نشدد على عنصرين جاء ذكرهما في حديثنا على نحو عابر، ونعني بهما مفهوم «السقاطة Ratchet» التي هي أسنان تروس مترابطة، ومفهوم «الحزمة Package». والملاحظ أن صورة السقاطة هي صورة ميكانيكية تمامًا وليست بيولوجية. والهدف منها هو نقل تأثير ابتكار ناضج بحيث تكون أشبه بأسنان الترس التي تترابط مع حالات جديدة لتدفع في اتجاه ابتكارات جديدة، قد تحل محل التقدم الناضج أو قد تحفز إلى التقدم في مجال آخر مغاير. ويزخر تاريخ التجديد والابتكار بالعديد من هذه العوامل الحافزة، مثال ذلك استخدام ماكينة تجويف وضبط الثقوب في صناعة المدافع، أمكن ملاءمتها لاستخدامها في صناعة أسطوانات مجوفة للمحرك البخاري، أو أن استحداث المحرك داخلي الاحتراق يسَّر إمكان استخدام الوحدات الخفيفة لتحويل القدرة في أول جيل من الطائرات، وهذان مثالان جيدان على العملية التي نحن بصددها. والجانب الأهم في العملية من وجهة نظرنا هو أن فعالية الترس والسقاطة إنما تهيئها ظروف الثورة التكنولوجية المتقدمة، التي تعتبر الابتكارات أمرًا مألوفًا، وسرعان ما يجري اختبارها للتطبيق العملي. ويحدث أحيانًا، كما أوضح بازاك، ألا يظهر على الفور الاستخدام الأفضل للابتكارات الواعدة على نحو ما نرى في حالات مثل حاكي «فونوجراف» إديسون في ثمانينيات القرن التاسع عشر، أو مسجل الشرائط في خمسينيات القرن العشرين. وهنا نجد فعالية ظاهرة الترس والسقاطة هي التي شجعت على حدوث تطورات لم تَدُر بخَلَد المبتكرين الأصليين. ولقد كانت المجتمعات التقليدية تفتقر إلى مثل هذا الدعم للأفكار الجديدة، إذ لم تكن تعلق آمالًا كثيرة على ما قد تحققه لها الابتكارات من منافع، ويمثل هذا الدعم مؤشرًا قويًّا على حدوث الثورة التكنولوجية.

ومفهوم الحزمة هو توسيع لهذه الفكرة، وهدفه الإشارة ليس فقط إلى أهمية التفاعل المتبادل بين الأفكار في عملية الابتكار والتجديد والتطوير، بل الإشارة كذلك إلى وجود

علاقات اجتماعية داعمة، إذ يلزم لنجاح الابتكار أن يتجاوز حدود الفكر للتقنية الجديدة. إنه يستلزم مساندين يوفرون له رأس المال والأيدي العاملة والمهارات، ويحتاج أيضًا إلى ظروف تسويق مواتية، ويعتمد كذلك على بيئة يتوافر فيها مناخ مشجع بحيث يمكن حث وإقناع أصحاب المشروعات لتوفير الموارد والأسواق، دون خوف من وقوع اضطهاد سياسي أو ديني. وإن توافُر هذه المجموعة من الشروط معًا يؤلف حزمة من العوامل المُفْضية إلى ثورة تكنولوجية، بينما نقصها يجعل أي تطوير جديد أمرًا عسيرًا، إن لم يكن مستحيلًا. ونجد خير مثال على هذه الظروف السائدة في الصين المعاصرة، إذ تتوافر في الصين الرغبة في جني المنافع المادية للثورة التكنولوجية، ولكن دون أن يتوافر حتى الآن قدر كافٍ من الفهم لطبيعة الحزمة الاجتماعية اللازمة لتحقيق تلك المنافع. وليس معنى هذا أن الحزمة لا بد أن تكون هي نفسها دائمًا وفي كل مكان، إذ هناك يقينًا نطاق واسع جدًّا من الظروف التي تدعم التطوير خاصةً حين يكون الحافز مرتبطًا بقوة مع قضية الدفاع واحتمال اندلاع حرب. بيد أن هذه الظروف في أغلب الحالات العادية تشي بدرجة كبيرة من التحرر بحيث يجد المبتكرون وأصحاب المشروعات أسباب التشجيع اللازم. لذا فإن من الأهمية بمكان أن نكون على وعي بهذه الحزمة عند القيام بأي محاولة لفهم نجاح الابتكارات من عدمه.

وليسمح لنا القارئ بأن نوجز هنا رؤيتنا التي عرضناها في هذا الفصل: انطلقنا من افتراض أساسي في تناولنا لموضوع تاريخ التكنولوجيا، وهو أننا نعالج عملية الثورة التكنولوجية، بمعنى أننا بصدد سلسلة من التحولات المطردة والمترابطة على نحو وثيق جدًّا، والتي تجد دعمًا وتعزيزًا بفضل الابتكارات التكنولوجية، وأنها ذات طبيعة مميزة بحيث تغدو أساسية لتفسير خاصية تطور ونمو الحياة في مجتمعنا. ووضح عن يقين في ضوء حركة التاريخ أن هذه العملية مطردة منذ بضعة قرون؛ بدأت بطيئة ولكن ثابتة الخطوات منذ نهاية العصر الوسيط، ثم تسارعت على نحو مثير منذ القرن الثامن عشر. علاوة على هذا أننا سلمنا بأن الحضارة الغربية هي رائدة هذا التطور المتسارع، إذ راجت وانتشرت في كل أركان المعمورة على مدى القرون الثلاثة الأخيرة، بحيث يمكن النظر إلى الغرب باعتباره آلة أو محرك الثورة التكنولوجية العالمية منذ العام ١٧٠٠م. ويترتب على هذه الفروض القول إن موضوع دراستنا هذه ينطوي على أهمية حاسمة من أجل تفسير التاريخ المعاصر، وكذا لفهم مشكلات عالمنا المعاصر. وهكذا يضفي مفهوم الثورة التكنولوجية على الحقبة التاريخية منذ العام ١٧٠٠م طابعًا متلاحمًا، بحيث يجعل منها حقبة واحدة جديرة لأن نعمل على استكشافها وتحليلها.

الجزء الثاني

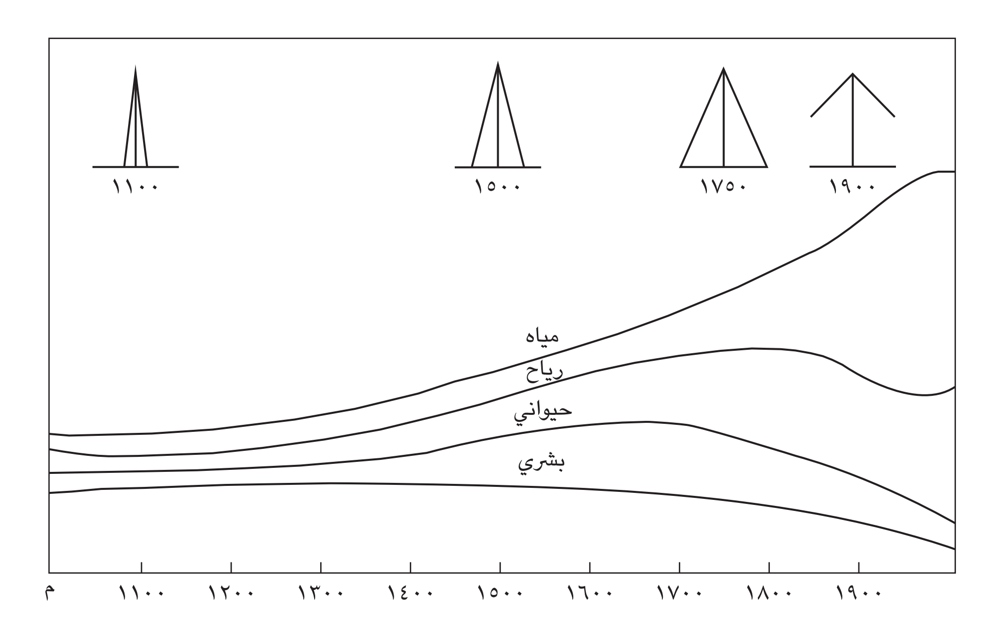
مصادر الطاقة

الفصل الثالث

عصر الطاقة البخارية

من المسلَّم به أن التكنولوجيا معنية بدراسة التقنيات البشرية الخاصة بصنع وأداء الأشياء. ومن ثم فإن فهم الطاقة أو القدرة يحتل مكان القلب من التكنولوجيا، ذلك لأنها هي التي تهيئ للبشر القدرة على صنع وأداء أي شيء، ولهذا تحتل الطاقة مكانة واضحة جلية في تاريخ التكنولوجيا. ونعرف أنه في بداية التطور التكنولوجي كان المصدر الوحيد للقدرة هو عضلات الإنسان، كما أن قدرته على عمل واستخدام المصنوعات كانت مقيدة بحدود هذه القدرة، والمهارة الإنسانية. وبدأت تظهر تدريجيًّا مصادر لقدرات أخرى يجري استغلالها لتكون إضافة أو بديلًا من عضلات البشر. مثال ذلك الروافع البسيطة، مثل عصا الحفر أو الوتد الذي صممه الإنسان لزيادة القدرة على استخدام العضلات البشرية، وأمكن ترويض الحيوانات لحمل الأثقال، وجر الأدوات الضخمة الثقيلة، مثل المحراث. وأدرك الإنسان إمكان استخدام المصادر الطبيعية للطاقة — مثل الرياح والماء والمد والجزر — وذلك لأداء بعض الأعمال التي تستلزم جهدًا وتكرارًا، مثل طحن الحبوب، ولكن هذا الإدراك انطوى على فهم للعمليات الميكانيكية الأساسية، كما اشتمل على سلسلة من التقنيات الخاصة بالتشييد، واللازمة لبناء طاحونة جيدة وتزويدها بأسنَّة ملائمة، وكذا لطحن الأحجار. معنى هذا أن هذا التطبيق الناجح لأي فهم جديد لمصادر الطاقة يمكن أن يُرجأ لأجل غير محدد عند العجز عن تحويل هذه القدرة إلى صورة قابلة للاستخدام. وهنا يلزم توافر قدر من الخبرة الفنية لتحويل المعرفة إلى مصدر للطاقة يمكن التحكم فيه. صفوة القول أن تكنولوجيا القدرة معنية بتقنيات تحويل الطاقة. إننا نعيش في عالم يحيط به تيار دافق شاسع من الطاقة الطبيعية المستمدة من الشمس، مثل الضوء الذي يصدر عنها مباشرةً، أو حركات الهواء والمياه التي تتولد عن الشمس، أو مثل الطاقة الشمسية المختزنة في الصخور الكربونية في صورة وقود أحفوري، وإن

أول مهام البراعة التكنولوجية البشرية هي اكتشاف سبل تحويل هذه الطاقة إلى أشكال قابلة لأن يستعملها ويتحكم فيها البشر.



شكل ٣-١: درجات الطاقة واستخدام الموارد الطبيعية للطاقة في الحضارة الغربية.

وبحلول العام ١٧٠٠م شهدت الحضارة الغربية تقدمًا جوهريًّا في اتجاه تسخير المصادر الطبيعية للطاقة، ولكن مع هذا ظلت عضلات البشر والحيوانات هي التي لها الهيمنة في غالبية مجالات الاستعمال الزراعي والصناعي. وهذا هو ما أطلق عليه فريد كوتريل اسم مجتمع الطاقة المنخفضة Low-energy society المستخدمة في جميع الأغراض العملية. إذ يعتمد هذا المجتمع أساسًا على المحولات الحيوانية للطاقة، حيث «تدرُّج الطاقة» شديد الارتفاع، بمعنى أن القدرة المتولدة يتعين استخدامها في أقرب الأماكن إلى مصدرها. وتتميز مثل هذه المجتمعات بدرجة عالية من الاستقرار الاجتماعي ومقاومة التغيير. وكانت هذه هي حال أوروبا حتى القرن السابع عشر، على الرغم من أنه قد بدأت تظهر بوادر مهمة تبشر بالتغيير في العصر الوسيط، ثم ازدادت قوة مع الثورات

الفكرية والدينية في عصرَي النهضة والإصلاح الديني، وتجسدت أهم نتائج هذا التغيير في ميلاد العلم الحديث. وثمة عوامل تغيير أخرى اشتملت على التطور السريع للاقتصاد التجاري المرتكز على استغلال السفن الشراعية. وتُعتبر هذه السفن أول محولات للطاقة العالية High-energy converters، إذ كانت قادرة على حمل البضائع والركاب على مدى مسافات بعيدة مقابل قدر قليل من الجهد الإضافي. والمعروف أن السفن الشراعية ابتكرها الإنسان في العالم القديم، ونجد رسومًا لهذه المراكب في النقوش المصرية القديمة، وتمثل أول محاولات ناجحة من الإنسان لتسخير مصدر غير حيواني للطاقة. وبعد ذلك بزمن طويل — لعله في القرن الثاني عشر في ضوء حديثنا عن الحضارة الغربية — أمكن استخدام طاقة الرياح من أجل أعمال الطحن وغير ذلك من الاستخدامات الصناعية في أنحاء كثيرة من أوروبا منذ بداية القرن السابع عشر. وظهر هذا بوجه خاص في الأراضي المنخفضة، مثل هولندا، حيث يكون لهذه الطواحين دور مهم وأساسي لتصريف المياه الموجودة في البر.

ولكن تواكبت آنذاك طاقة المياه مع طاقة الرياح لاستخدامهما في المجالات الزراعية والصناعية التي تقصر دونها قدرة الإنسان أو الحيوان. وكانت السواقي معروفة منذ الإمبراطورية الرومانية على أقل تقدير، وإن لم يطرأ عليها تطور كبير حتى العصر الوسيط في أوروبا، وذاعت وانتشرت منذ ذلك التاريخ على ضفاف أغلب الأنهار والمجاري المائية سريعة الدفق الموجودة في أوروبا، وظلت على الدوام صغيرة، إذ كانت تستخدم السواقي التي تدار بالدفع السفلي (على الرغم من أفضلية السواقي الأفقية في بعض أنحاء أوروبا) مع أقل حد من تعشيق التروس لنقل الطاقة. وتكشفت براعة الإنسان العظيمة عند استخدام هذه السواقي في العمليات الصناعية، مثل عمليات تقصير المنسوجات، وسحق خام المعادن، ونشر الأخشاب، وتشغيل الآلات. علاوة على هذا فإنه بحلول العام ١٧٠٠م ظهرت الأدوات التي تُدار بقوة الدفع العلوي — حيث تتدفق المياه في الدلاء عند أعلى الساقية بدلًا من ريش الدفع الموجودة عند أسفلها — وشاع هذا النوع من السواقي الذي حقق فعالية أكبر كثيرًا من طراز الدفع السفلي. وظل الخشب مادة البناء العادية.

وكانت هذه المحاولات بالنسبة لطاقة الرياح والمياه من الأهمية بمكان، وأثبتت في الأقل ما يمكن أن يتحقق بفضل زيادة الإنتاجية والثروة، وحث هذا المبتكرين وأصحاب المشروعات على الْتِماس المزيد من مظاهر التقدم والنمو. غير أن تأثيرها كميًّا كان محدودًا وضئيلًا بالمقارنة مع اعتماد المجتمع شبه الكامل على القدرة البشرية والحيوانية لإنجاز البية الأغراض في الزراعة والنقل والأعمال المنزلية. وهكذا ظلت أوروبا حتى

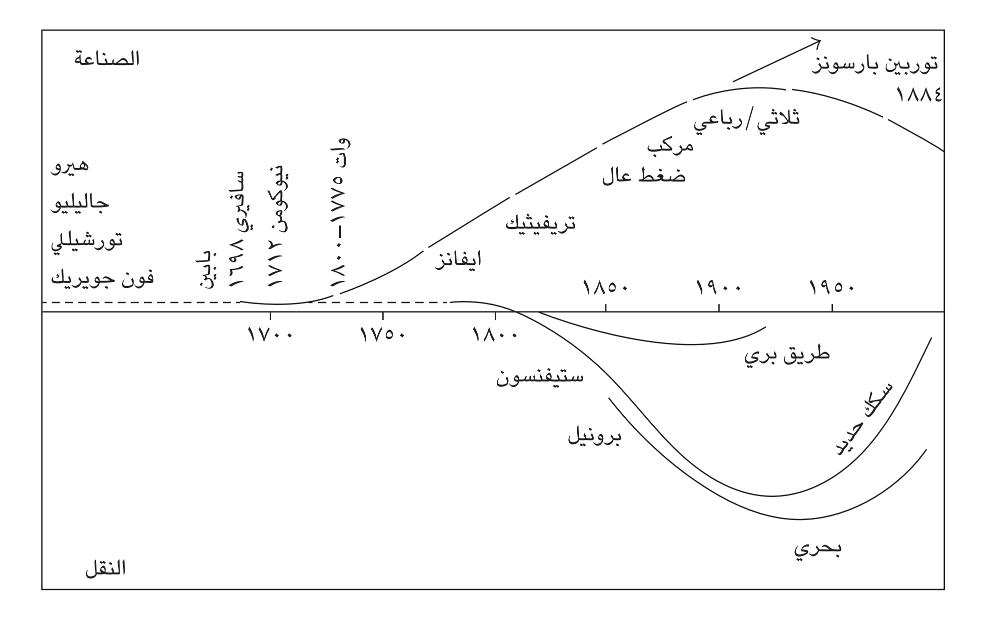
العام ١٧٠٠م من مجتمعات الطاقة المنخفضة، وتغير الوضع مع التصنيع الذي استلزم زيادة في الطاقة على مدى فترة محدودة لا تتجاوز بضعة عقود. وشجع التصنيع كذلك على سلسلة من الابتكارات التكنولوجية رغبة في توفير هذه الطاقة. وبدا واضحًا أن أي مصدر للطاقة يجري استحداثه لا بد أن تتوافر فيه ثلاثة معايير للوفاء بهذه المتطلبات الجديدة؛ أولًا: يتعين أن يكون متاحًا وميسورًا من حيث الحجم، ومن ثم لم تشهد هذه المرحلة تشجيعًا لمحولات الطاقة محدودة الحجم أو الهامشية. ثانيًا: يجب أن تكون طاقة يمكن الاعتماد عليها؛ نظرًا لأن عمليات تجفيف المناجم والإدارة السهلة للمصانع بدأت تعتمد اعتمادًا كليًّا على هذا النوع من الطاقة. وثالثًا: أن يكون بالإمكان الوصول إلى مصدر الطاقة بطريقة معقولة ماديًّا وفكريًّا، إذ يلزم الحصول عليها بسهولة، وأن يكون من اليسير نقلها وإعادة تجميعها والحفاظ عليها دون صعوبات يتعذر التغلب عليها. وأمكن استحداث وتطوير العديد من المصادر الجديدة للطاقة على مدى القرون الثلاثة التالية، والتي تفي بهذه المعايير.

وهكذا اقترن التحول إلى مجتمع عالي الطاقة باختراع المحركات الأساسية الجديدة، مثل المحرك الذي يعمل بالبخار، والمحرك داخلي الاحتراق، ولكن قبل أن تصبح هذه الوسائل الجديدة لتحويل الطاقة متاحة وميسورة؛ اتُّخذت خطوات كبيرة ومهمة في سبيل زيادة كفاءة طواحين الهواء وطواحين الماء، مثال ذلك طاحونة الهواء البريطانية في القرن التاسع عشر، التي تعمل بأرياش زنبركية يسهل التحكم فيها، وآلية التنظيم الذاتي عن طريق ذيل مروحي الشكل، علاوة على منظم بالطرد المركزي. وتُعتبر هذه الطاحونة في الأساس ناتجًا لعملية التصنيع المتقدمة، شأنها في هذا شأن مصنع النسيج المعاصر آنذاك وقتما طرأت تحسينات مهمة في أداء الدواليب الدوارة بالماء، بفضل التركيب المعدني والاهتمام الشديد بتدفق المياه وتنظيم عملية التدفق. والجدير ذكره أن التصنيع كان بإمكانه، حتى من دون المحرك البخاري، أن يحقق تقدمًا كبيرًا بفضل استخدام طاقة الرياح والمياه. وظلت طاقة الرياح وطاقة المياه تواصلان دورهما كجزء مهم من عملية التصنيع على مدى القرن التاسع عشر، ولكن المحرك البخاري هو الذي يمثل أروع برهان على وجود محول للطاقة يعمل بأسلوب جديد، وقادر على تحويل الحضارة الغربية إلى أول مجتمع عالي الطاقة في العالم.

وظهر المحرك البخاري في الحضارة الغربية مع نهاية القرن السابع عشر، وكان هناك مَن تخيَّله سابقًا في العصور القديمة على هيئة ما يُسمى المنفذ العوليسي أو منفذ

الرياح Aeolipile، أو غير ذلك من تصورات وضعها هيرو السكندري، والتي تثبت المبدأ الأساسي لتوربين رد الفعل البخاري. وكانت هذه جميعها تُعتبر في زمنها مجرد لعب أطفال، ولم تتطور. ولكن القرن السابع عشر الذي شهد المقدمات الأولى للعلم الحديث، والمفعمة حيويةً ونشاطًا؛ جعل الفكر يتجه نحو الْتِماس وسائل للنهوض بسيطرة الإنسان على الطبيعة عن طريق زيادة قدرته على صنع وأداء الأشياء. وظهر على غير توقع اكتشافان وجَّها الأنظار إلى إمكان ابتكار محرك أساسي جديد عن طريق الإفادة من خصائص البخار «المرنة»؛ أولهما: اكتشاف أن للغلاف الجوي وزنًا يتغير بتغير الارتفاع عن سطح البحر. وثانيهما: اكتشاف أنه على الرغم من إصرار السلطات قديمًا على أن الطبيعة لا تعرف الفراغ، فإن بالإمكان ابتكار فراغ جزئي، سواء عن طريق استخدام مضخة هواء تفرغ الهواء بقوة، أو عن طريق تكثيف البخار داخل وعاء مغلق. وليس بإمكاننا أن نعرف عن يقين إلى أي مدًى كان مهندسو البخار في هذه الفترة الباكرة على أُلفة بهذه المبادئ العلمية الجديدة، ذلك لأن سافيري ونيوكومن، على سبيل المثال، لم يكونا معترفًا بهما كعضوين في المجتمع العلمي، ولهذا فإن المعلومات التفصيلية عن حياتهما نادرة، ولكن من الواضح أنهما كانا يعملان في بيئة بدأت تشيع فيها هذه المعارف وتصبح ميسورة لمن لديهم حظ من الذكاء والتعليم، ورغبة في الإقدام على المشروعات. ونظرًا لأن من نهضوا بهذه المحركات البخارية الأولى توافرت فيهم هذه الخصائص، فإن لنا أن نستدل من هذا على أن التأمل العلمي كان حافزهم في ذلك.

وأول محرك بخاري فعال صنعه توماس نيوكومن لضخ المياه خارج منجم فحم في منطقة دادلي وسط إنجلترا العام ١٧١٢م. وكان نيوكومن يعمل بالتجارة في السلع الحديدية التي يجلبها من دارتماوث في ديفون. ونحن نعرف أنه كان من المنشقِّين دينيًّا، وأنه كان يجيد القراءة والكتابة، وجاب البلاد طولًا وعرضًا، وهذه جميعها صفات تدعم افتراضنا بأنه على الأرجح شارك في مناقشات عن الطاقة البخارية وإمكان ابتكار فراغ. وقد كان هذا الأمر بمنزلة معلومات عامة على مدى العقدين السابقين بفضل منشورات نشرها دنيس بابين وغيره من الباحثين. وكان محرك دادلي ماكينة ضخمة أُنشئت داخل الحظيرة الخاصة بالمحرك، وتتكون آلية التشغيل من أسطوانة نحاسية عمودية مغلقة من أسفل، ومفتوحة من أعلى، وبداخلها كباس طليق الحركة، ويدخل البخار عن طريق غلاية أسفل الأسطوانة، وبعد أن يتكثف البخار تحت الكباس بفعل دفقة قوية أو نافورة مياه باردة ينشأ فراغ جزئي، وهنا يمكن للضغط الجوي أعلى الكباس أن يدفع الكباس



شكل ٣-٢: تطور طاقة البخار.

إلى أسفل داخل الأسطوانة، وإذا ما وصلنا الكباس برافعة أو ذراع كبير دوَّار فإن حركة الكباس المتجهة إلى أسفل سوف تتحول إلى حركة متجهة إلى أعلى لقضبان الضخ عند الطرف الآخر للذراع، وهكذا يمكن رفع المياه من أي عمق تصل إليه القضبان. وكان ثقل قبضان الضخ آنذاك كافيًا وحده لاستعادة الكباس إلى قمة الأسطوانة ليبدأ المحرك شوطه الثاني.

وكان من الضروري إدخال كثير من التعديلات لصقل المحرك الضخم بغية تبسيط وسلاسة التشغيل. وهذا هو ما فعله نيوكومن في صورة صمامات تتحكم في فتحة دخول البخار وفي عدد آخر من الوظائف، بحيث تعمل الماكينة آليًّا عن طريق قضيب واصل من الذراع الدوار، وكذا عن طريق وسائل لإحكام غلق الأسطوانة وبداخلها الكباس حتى يمنع تسرب الهواء. وما إن أتم نيوكومن بناء هذه الآلة ونجح في تشغيلها حتى أثبتت قوتها وفاعليتها، وظهر أن بالإمكان الاعتماد عليها، ووضح على الفور أنها بوضعها هذا تلبي حاجة ماسة ومُلحة لمجتمع صناعي آخذ في التوسع، وأنها مضخة جيدة تفيد في تهيئة المناجم العميقة لتكون صالحة للعمل. وحيث إن نيوكومن من مواطني ديفون فلا بد وأنه

استلهم في عمله حاجة بلده إلى مثل هذه المضخة في الأحياء الخاصة باستخراج القصدير والنحاس في جنوب غرب إنجلترا، ولكن كانت ثمة مشكلة نظرًا لأن المحرك يستهلك كمية كبيرة من الفحم كوقود للغلاية، وكان الفحم سلعة نادرة في هذه الناحية من إنجلترا، ولهذا نادرًا ما كان يُستخدم محرك نيوكومن في مجال استخراج المعادن من المناجم. ولكن الوضع في مناطق مناجم الفحم كان قصة أخرى، إذ كان الفحم متوافرًا هناك نسبيًّا علاوة على ميزة أخرى إضافية، وهي أن الغلاية يمكنها أن تعمل بكسرات الفحم الدقيقة الحجم أو تراب الفحم الذي يعتبره أصحاب الأعمال نفاية يجب التخلص منها. وهكذا شق محرك نيوكومن طريقه في حقول الفحم في أواسط إنجلترا وفي الأراضي الاسكتلندية المنخفضة، وخاصةً في منطقة الفحم المزدهرة الواقعة شمال شرق إنجلترا. وانتشر المحرك أيضًا حول مصبَّي نهر تاين ونهر وير شمال إنجلترا اللذين أصبحت لهما الهيمنة في سوق لندن، نظرًا لأنهما ييسِّران النقل النهري إلى العواصم. ولم يكد القرن ينتصف حتى ظهرت مئات المحركات من طراز نيوكومن التي تعمل في هذه المنطقة وحدها. وليس ثمة ما يبرر الشك في أن المحرك البخاري أصبح له بالفعل دور حاسم في الاقتصاد القومي البريطاني، بفضل إشباع الحاجة المتزايدة دومًا إلى الفحم.

وظهرت في هذه الأثناء استخدامات أخرى لمحرك نيوكومن، إذ كان مضخة مياه فعالة، ورُكِّب محرك في محطة مياه لندن خلال عشرينيات القرن ١٨، على الرغم من ارتفاع كلفة الوقود هنا، مما أفضى إلى التوقف عن استخدامه. والجدير ذكره أن ارتفاع نفقات الفحم جعلت أصحاب المناجم المعدنية في كورنوال وديفون يعزفون عن استخدام المحرك، غير أن منظم المشروعات السويدي مارتن تريوالد حمل الفكرة إلى السويد ليقيم أول محرك تجاري خارج بريطانيا في منجم حديد دانيمورا. واستشعر أصحاب مناجم المعادن الألمان في جبال هارتس وفي أماكن أخرى رغبة عارمة في الحصول على التكنولوجيا الجديدة، وتعهد بعض البريطانيين المتخصصين في تركيب المحركات بأداء هذه المهمة لهم. ومن أشهر هؤلاء المعروفين باسم صناع الطواحين الطوافين أو المتجولين أسرة هورنبلاور من كورنوول، وسافر واحد من هذه الأسرة ويدعى جوزيا هورنبلاور إلى أمريكا العام ١٧٥٣م، حيث ركب أول محرك بخاري في العالم الجديد في منجم للنحاس في نيو جيرسي. واستقر هورنبلاور هناك ليتولى عمل وتركيب محركات بخارية أخرى لاستخدامها في محطات مياه فيلادلفيا ونيويورك.

وهكذا انتشرت التكنولوجيا الجديدة بخطوات ثابتة في كل أرجاء الحضارة الغربية على مدى القرن الثامن عشر، حينما وجد أصحاب المشروعات المؤهلون الاعتراف بإمكاناتها،

وحيث يمكن توفير الموارد اللازمة من رأس مال وأيدٍ عاملة لإقامة العتاد الضخم. ولم تكن عملية الانتقال هذه لتدعمها أو تعوقها تشريعات خاصة ببراءة الاختراع، والتي كانت موجودة آنذاك. حقًّا إن نيوكومن اضطُر إلى الْتِماس الحماية لابتكاره بموجب البنود العامة لبراءة الاختراع الممنوحة لتوماس سافيري العام ١٦٩٨م «لرفع المياه وتوفير الحركة لكل أنواع أعمال الطحن بواسطة القوة الدافعة للنار».

وهذا هو الحق الذي امتد بعد ذلك حتى العام ١٧٣٣م. ونعرف أن ابتكار سافيري بشأن جهاز يعمل عن طريق تكثيف البخار داخل أنبوب مغلق، ومن ثم سحب المياه إلى أعلى من عمق تحدده قدرة الضغط الجوي على رفع عامود المياه، وبعد ذلك يدفع المياه إلى مستوًى أعلى عن طريق توصيل البخار إلى الأنبوب بضغط كبير. واستُخدم هذا الاختراع في بعض الاستخدامات العملية المحدودة خاصةً في الظروف التي تستلزم الجزء الأول من الدورة، أي الجزء الذي يعتمد على تكثيف البخار والضغط الجوي، ولكن على الرغم من هذا لم يستخدم مجتمع المناجم محرك سافيري للهدف الذي أُنشئ من أجله.

ومع هذا فإن نجاح سافيري في الحصول على براءة اختراع جعل من الكياسة أن يعمل نيوكومن على الاتفاق معه، وهكذا يتسع نطاق الحماية ليشمل المحرك الجديد. وعندما توفي سافيري العام ١٧١٥م واصل أحد اتحادات رجال أعمال لندن دعمه لهذه الحماية، والاعتراف بحقوق الملكية الخاصة لجميع أنواع المحركات البخارية التي تقام في بريطانيا، إلى أن انتهت المدة القانونية لبراءة الاختراع العام ١٧٣٣م. وعمل قانون براءات الاختراع البريطاني إلى ملاءمة نفسه ببطء مع المفهوم الجديد لحماية الملكية الفردية للاختراعات، وكانت قضية سافيري بشأن براءة الاختراع سابقة مهمة في هذا الشأن. وحان الوقت المناسب تمامًا لكي يتحقق واحد من أهم العوامل الضابطة التي توطد دعائم إطار اجتماعي يحث على الابتكار، ولكن كانت الحماية التي يوفرها المجتمع حتى مطلع القرن الثامن عشر لا تزال أولية، بل كانت بدائية جدًّا في بقية أوروبا.

ومع مطلع العقد الثاني من القرن ١٨ استهل المحرك البخاري تطوره المذهل، فقد ظل طوال القرن الأول تقريبًا من تاريخ ظهوره محركًا يعمل بالضغط الجوي أساسًا، بمعنى أن قدراته تأتيه من وزن الضغط الجوي المتلائم مع الفراغ الناشئ بسبب تكثيف البخار، وظل الوصف الشائع له في حقيقة الأمر أغلب هذه الفترة بأنه «المحرك الناري»، نظرًا لأن المشاهد غير المتمرس يظن أن «القوة الدافعة للنار» هي التي تمنحه القدرة. ولكن مع نهاية القرن بدأت التجارب الحذرة في استخدام خاصية تمدد البخار، مما أدى

إلى إنجاز تطور جذري جديد للمحرك البخاري. وبدأ هذا التطور على يدَي جيمس وات، وهو الرجل الذي استطاع — على الرغم من أنه ليس مخترع المحرك البخاري — أن يصبح المساهم البارز في تطوير تكنولوجيا الطاقة البخارية. وكان وات حِرفيًّا اسكتلنديًّا وصانعًا لأدوات علمية. وبينما كان موظفًا لصيانة أجهزة المعامل في جامعة جلاسجو عكف على تطوير نموذج محرك نيوكومن بحيث يجعله يعمل بكفاءة، وأفضى تأمله الملهم لهذه المسألة إلى اختراع المكثف المستقل، واستخدمه بديلًا من الأسطوانة التي يجري تسخينها وتبريدها بالتبادل مع كل شوط من أشواط الكباس. وهكذا أصبح بالإمكان الحفاظ على الأسطوانة دائمة السخونة مع تكثيف البخار داخل أنبوب مستقل، أي داخل المكثف الذي أمكن الاحتفاظ به باردًا دومًا.

وصنع وات نموذجًا من المكثف المنفصل، وحصل على أول براءة له لحماية اختراعه في العام ١٧٦٩م. غير أنه واجه مشكلات هائلة في سبيل صناعة محرك بالحجم الكامل يجسد التصميم الجديد، ولم ينجح تمامًا إلا العام ١٧٧٥م عندما دخل شريكًا مع رجل الصناعة ماتيو بولتون من برمنجهام، ذلك أن ماتيو قدم رأس المال اللازم والخبرة الإدارية، وقدم علاوة على هذا قوة عمل من صناع مَهَرة قادرين على إنتاج أجزاء مصنعة آليًّا صناعة دقيقة، وتُعتبر ضرورية للإفادة إفادة كاملة من اختراع وات. واستفاد الشركاء من طريقة ويلكنسون الجديدة لتجويف أسطوانات الحديد الزهر، واستطاعوا كذلك الحصول على إذن بتحديد فترة اختراع وات حتى العام ١٨٠٠م. وأتاح لهم هذا احتكار إنتاج المحرك البخاري المتقدم على مدى الربع الأخير من القرن الثامن عشر، وأنتجوا وباعوا خلال هذه الفترة قرابة خمسمائة ماكينة، ولهذا ليس بمستغرب أن نرى في هذا الإنجاز ابتكار الصناعة الهندسية الحديثة، وصناعة ماكينات معقدة على مستوًى عالٍ من الدقة، علاوة على التوزيع الضخم في أسواق مترامية الأطراف. ويحق لنا القول إن وات جاء والمحرك البخاري قطعة من عتاد ثقيل بطيء، ولكنه طوره ليتحول إلى منتج هندسي رائع دقيق.

واستطاع وات على مدى الخمسة والعشرين عامًا من تاريخ الشركة بينه وبين بولتون أن يُدخِل المزيد من التحسينات على المحرك البخاري. ونذكر من بين هذه الإنجازات ذات الأهمية الكبرى أنه نجح في تحويل المحرك بالضغط الجوي أو النار إلى محرك بخاري حقيقي بكل معنى الكلمة، إذ استخدم القدرة التمددية للبخار لتصل مباشرةً إلى الكباس. وتوصل إلى هذا أول مرة لأنه حين أغلق الأسطوانة للاحتفاظ بها في درجة حرارة عالية وثابتة في أثناء العمل؛ وجد من الضروري أن يأتي بشيء بديل عن وزن الضغط الجوي

عند أعلى الكباس، ورأى أن بالإمكان أن يحقق هذا إذا ما سمح للبخار بالدخول، واستفاد من تمدده ليساعد الكباس على الحركة المنتظمة إلى أسفل. ولم يكد هذا يتحقق له حتى لم تبقَ أمامه إلا خطوة بسيطة نسبيًّا ليسمح بدخول البخار ثم يتكثف فوق وأسفل الكباس على التوالي، وبذا يحول الماكينة التي كانت تعمل بحركة واحدة إلى ماكينة مزدوجة الحركة، وهكذا أصبح المحرك في حركته أكثر كفاءة وسلاسة، كما أصبح بالإمكان تعديله لأداء حركة دائرية؛ بمعنى أن حركة الكباس البسيطة المتبادلة — والتي يمكن الإفادة منها مباشرةً أو عن طريق ذراع دوار لتحريك قضبان المضخة الخاصة بأي منشأة لضخ المياه — أصبح بالإمكان الآن تحويلها عن طريق مرفق أو ذراع تدوير لتوفير حركة دوارة، ومن ثم لدفع أي آلة وتحريكها إذا ما تسنى تشغيل عجلات أو بكرات، وبدا أن الترتيب العادي هو تركيب المرفق فوق محول الدولاب الرئيسي للحدافة، وهذا هو ما أصبح قَسَمة مميزة لجميع المحركات البخارية مزدوجة الحركة لضمان الدوران السلس للماكينة. وواجهت وات هنا مشكلة؛ ذلك أن مخترعًا آخر استخرج لنفسه براءة اختراع لمرفق مركب في محرك بخاري، وعلى الرغم من الشكوك في إمكان التثبت من صحة هذه البراءة قانونيًّا، فإن بولتون ووات كانا حريصين على تجنب أي دعاوى قضائية يمكن أن تلفت الأنظار إلى حقوقهما الخاصة في براءة الاختراع. واعتمد وات لذلك على براعته من أجل تصميم طرق بديلة لتحويل الحركة المتبادلة إلى حركة دوارة خاصة طريقة الشمس والكوكب، «للتعشيق» التي استخدمها في جميع الماكينات الدوارة التي تنتجها المؤسسة. ويتألف هذا الطراز من عجلة مسننة (الكوكب) ملحقة بطرف قضيب التوصيل من الذراع المثبت، بحيث يتحرك حول محيط دائرة عجلة مماثلة (الشمس) والمثبتة على جذع الحدافة، هنا ينقل «الكوكب» حركة الكباس بفعالية كبيرة إلى «الشمس» وتدور الحدافة.

وهناك اختراعان آخران اكتملت بهما عملية الصقل التي أدخلها وات على المحرك البخاري؛ الأول هو «الحركة المتوازية»، وهو عبارة عن ترتيب لعدد من القضبان الدوارة للحفاظ على حركة الكباس بحيث تظل متعامدة حتى وإن اتصل بطرف ذراع يتحرك خلال مقطع قوسي. وبدا وات مزهوًّا بهذا الاختراع بسبب أناقته الهندسية، وأصبح قَسَمة معيارية لجميع المحركات ذات الأذرع. والاختراع الثاني هو استخدام المنظم الذي يعمل بقوة الطرد المركزي للتحكم في المحرك البخاري، ويعتمد هذا التصميم على مبدأ أساسي هو استخدام أثقال تواصل تدويم حركة الدفع الأساسية للمحرك بغير التحكم في دخول البخار، ومن ثم تنظيم سرعة المحرك. ونعرف أن هذا المبدأ الأساسي ليس جديدًا، وسبق

أن شاهدنا استخدامه في طواحين الهواء، غير أن وات استطاع بذكاء أن يعدله حيث يتحكم في سرعة محركاته التجارية التي تعمل بحركة دورانية، وأصبح اختراعه بذلك معيارًا مناسبًا لجميع المحركات التي من هذا النوع فيما بعد.

وكان إنجاز مبدأ الحركة الدورانية معروفًا من قبل في التوربين البخاري البدائي الذي صنعه هيرو السكندري، إذ سبق إنجازه بطريقة مباشرة أكثر مما هو عن طريق تحويل النشاط المتبادل في المحرك التقليدي. وطَبَعي أن المخترعين في القرن الثامن عشر، ومن بينهم جيمس وات، كانوا على وعي تام بهذه السابقة، وجاهدوا من أجل تكرارها على هيئة محرك بخاري كامل، ولكنهم لم يُوفقوا فيما سعوا إليه، فقد واجهتهم مشكلات ميكانيكية عدة، كان أخطرها في نظر وات الحاجة إلى توليد البخار تحت ضغط كبير يفوق كثيرًا طريقة توليد البخار المعتادة. والمعروف أن جميع المحركات البخارية في القرن الثامن عشر، باستثناء القليل جدًّا من نوع الأجهزة التي صممها توماس سافيري في فترة باكرة، كانت تعمل ببخار يزيد ضغطه قليلًا عن الضغط الجوي، وهذه السياسة الحذرة كان لها ما يبررها تمامًا إذا ما عرفنا حالة تكنولوجيا الغلاية المعمول بها آنذاك، وكيف أنها لم تكن تدعو إلى الاطمئنان. وهكذا كان لا بد لإنتاج النشاط الدوراني مباشرة من الطاقة البخارية أن ينتظر إلى أن يستحدث شارلس بارسونز وآخرون التوربين البخاري مع نهاية القرن التاسع عشر. وأصبح المهندسون، حتى ذلك الحين، معتادين على استخدام البخار بضغوط عالية، وكان لا بد من إدخال تحسينات على الغلايات البخارية بما يتناسب مع الوضع الجديد.

وعمل كل من بولتون ووات بدأب في ظل حماية براءة الاختراع الأصلي للعام ١٧٦٩م، حتى استطاعا أخيرًا تعويض الإنفاق الضخم الذي أنفقاه من مال وخبرة في سبيل إنجاز المحرك البخاري المتقدم، وازداد الطلب كثيرًا على المحركات. ونظرًا لأن غالبيتها من النوع الذي يتعين على وكلاء الشركة إقامته في موقع العمل، فقد وضعت المؤسسة نظامًا لسداد الأقساط تأسيسًا على كمية العمل الذي تقوم به الآلة. وتحول هذا الأسلوب فيما بعد إلى قضية مثيرة للاستياء فيما بين أصحاب الشركة وعملائهم. ومع هذا اتسع نطاق استخدام هذه المحركات في بريطانيا وفي خارجها، وإن تركزت أكثر في لندن وبرمنجهام ومانشستر وفي جنوب غرب إنجلترا، حيث أثبتت فعاليتها وتفوقها مما جعلها مقبولة في هذه المواقع التي كانت نفقات استهلاك الوقود الضخمة للماكينات من طراز نيوكومن تمثل عائقًا أساسيًّا. وهكذا كانت الشراكة مثمرة ومهمة إلى حد كبير، إذ أكدت قيمة محركهم البخاري في جميع مجالات الاستعمال الصناعي، كما أظهرت إمكاناته الواسعة

التي اطلع عليها الزبائن في أنحاء كثيرة، ولكن بعض معاصريهما، وكذا بعض المؤرخين في مرحلة تالية، انتقدوا الضوابط الصارمة للحقوق الخاصة ببراءة اختراعهما لما فرضته من قيود على تطور تكنولوجيا البخار في تسعينيات القرن الثامن عشر، حيث كان هناك عدد من المخترعين الأكثر جسارة، والحريصين على إجراء تجارب على البخار عالي الضغط والتحرك بقوة دفع البخار، بيد أنهما وعلى الرغم من هذا النقد فإنه يعود إليهما الفضل في وضع أسس المحرك البخاري كمحرك أساسي متعدد الجوانب.

وبعد انتهاء الفترة القانونية لبراءات اختراع وات العام ١٨٠٠م أصبح الطريق مفتوحًا لسلسلة من التطورات الجذرية في تكنولوجيا البخار. وكانت أكثر هذه التطورات واجهت في السابق محاولات نشطة من جانب بولتون ووات لإعاقتها وتعطيلها أو على الأقل الامتناع عن تشجيعها عمليًّا. وأول هذه التطورات هو استخدام البخار عند درجات ضغط أعلى مما كان مستخدمًا عادة عند وات. وما إن تدعمت ثقة العاملين في الغلايات المتطورة التي شاع استخدامها حتى ظهرت ميزتها الكبرى، والتي تتمثل في إمكان استخدام قدرة البخار على التمدد بصورة أكثر كفاءة وفاعلية. وأجرى أوليفر إيفانس تجارب ناجحة على البخار عالي الضغط في الولايات المتحدة، بينما كان الرائد البريطاني للتشغيل عالي الضغط هو المهندس «ريتشارد تريفيثيك» من كورنوول. واستخدم هذا المهندس قدرة التمدد لحجم صغير من البخار عالي الضغط مقابل الفراغ الجزئي الناتج عن تكثيف البخار من الشوط السابق على الجانب الآخر من الكباس. وأصبحت الذراع الكبيرة المستخدمة في محركات الضخ تعرف باسم «المحركات الكورنوولية» Cornish engine.

ميزة أخرى للبخار عالي الضغط وهي أنه أصبح بالإمكان صناعة المحركات القوية بحيث تكون أصغر حجمًا، وأكثر إحكامًا من المحرك التقليدي ذي الذراع. وهيأ هذا إمكان إنشاء محركات مستديمة لنقل الحركة. وهناك أيضًا «وليام موردوخ»، وهو مخترع موهوب ووكيل بولتون ووات اللذين استخدماه لإنشاء محركات في كورنوول. وكان موردوخ قد برهن على إمكان جعل المحرك منخفض الضغط يتحرك ذاتيًّا، بيد أن هذا الجهاز كان ضخمًا. وعمد بولتون ووات إلى أن يَثنياه عن تطويره. وبقي على ريتشارد تريفيثيك أن يبرهن على أنه أصبح بالإمكان التحكم في حجم القاطرة عن طريق استخدام محرك عالي الضغط، وأن ينتج أول قاطرة بخارية عملية لاستخدامها على الخط الحديدي لمنجم في جنوب ويلز العام ١٨٠٦م، ولكنها فشلت على الرغم من نجاحها ميكانيكيًّا؛ نظرًا لأن الخط الحديدي في المنجم لم يكن قويًّا بما يسمح له بتحمل ثقل تشغيل القاطرات. وسرعان ما توالت التحسينات التي أُدخلت، وبحلول العقد الثاني من القرن التاسع عشر

استُخدم محرك القاطرة البخارية لجر عربات نقل الفحم داخل المنجم، ولكن لمسافات قصيرة، وأمكن مع حلول العقد الثالث إنشاء خطوط أطول للجر بالبخار مسافات طويلة. وفي العام ١٨٣٠م كان افتتاح خط سكك حديد ليفربول ومانشستر إشارة إلى بدء «عصر السكك الحديدية» بمعناه الحقيقي. وهكذا كان المحرك البخاري عالي الضغط الذي يفرغ عادمه مباشرة في الغلاف الجوي دون حاجة إلى أي مكثف. وأدى هذا المحرك دورًا حاسمًا، وطرأت عليه تحسينات كثيرة متوالية ليحقق سرعات أعلى وأداء أفضل، وهكذا، إلى أن حلت محله محركات أكثر كفاءة في منتصف القرن العشرين.

وعلاوة على استخدام البخار عالي الضغط والمحرك البخاري المتحرك، شهد القرن التاسع عشر تحسنًا مستمرًّا على كل الجوانب المتعلقة بالطاقة البخارية تقريبًا. وساعد على دفع هذه العملية قُدمًا كلٌّ من التسليم العام بما للمحرك البخاري من قيمة واستعمالات متعددة، وكذا المنافسة الحادة بين أسواق مفتوحة إلى حد كبير، بحيث يتعين الإفادة من أي توفير في استهلاك الوقود وأي ميزة إضافية في أسلوب الأداء. واطردت عمليات الإبداع لصقل تصميم المحرك البخاري لتحقيق المزيد والمزيد من الكفاءة، حتى إن العاملين الفنيين المختصين بالمحرك، وكذا مستخدميه، كانوا دائمًا يتطلعون إلى التحسينات التي تعود عليهم بالفائدة. وتخلص شكل المحرك من أسلوب المحرك ذي الذراع الذي ساد في القرن الثامن عشر، وتعددت أشكاله الجديدة؛ حيث أصبحت الأسطوانات في وضع أفقي أو رأسي أو مائل، كما أصبحت جميع الأجزاء المتحركة مصنوعة من الحديد أو الصلب. وتطورت الصمامات من صمامات بسيطة منزلقة إلى أنواع أخرى، من بينها على سبيل المثال: صمامات كورليس Corlis valves، التي صُممت خصوصًا للتحكم الدقيق والقطع الفوري للبخار عن أسطوانة المحرك.

وكان أكثر الأمور إثارةً استخدام نظام التوصيل المركب خلال منتصف القرن التاسع عشر، الذي يمرر البخار عالي الضغط مرتين أو ثلاث مرات في خلال أسطوانات تعمل تحت ضغوط متناقصة، مما أفضى إلى ظهور كثير من الأشكال الجديدة؛ «توصيل مركب ترادفي» حيث توضع أسطوانة عالية الضغط خلف أسطوانة منخفضة الضغط، «وتوصيل مركب متقاطع» حيث توضع الأسطوانات موازية بعضها لبعض، وتوصيل معكوس رأسي، حيث يجري ترتيب الأسطوانات بشكل عمودي، الواحدة إلى جانب الأخرى، وكباساتها تدفع إلى أسفل نحو عمود مرفقي مشترك، وكانت هذه هي الأشكال الأكثر شيوعًا. وظهرت قرب نهاية القرن التاسع عشر الحاجة إلى محركات عالية السرعة تحرك مولدات الكهرباء، كما

اتضحت المنافسة بشأن المحرك داخلي الاحتراق، وشجع هذا على المزيد من الاختراعات، من بينها المحركات ذات التزييت القسري المغلق التي تستطيع الدوران بسرعات عالية لفترات غير محدودة، وأيضًا المحرك البخاري أحادي اتجاه الدفق، الذي أمكن فيه التغلب على نقص الحرارة الناتج عن عكس اتجاه دفق البخار مع كل شوط من أشواط الكباس، عن طريق تغذيته من طرفيه خلال فتحات في منتصف الأسطوانة، ولكن كان المحرك البخاري الترددي قد بدأ آنذاك يفقد مكانه لمصلحة التوربين البخاري. وشرع المخترعون الأكثر خيالًا يوجهون اهتماماتهم نحو أمور أخرى.

وهكذا أصبحت السيادة والهيمنة للمحرك البخاري في القرن التاسع عشر، في الوقت ذاته الذي بدأ فيه الاهتمام بإنتاج الطاقة لاستخدامها في جميع أغراض الصناعة والنقل. وليس معنى هذا أن المحركات الأساسية أضحت طرازًا قديمًا مهجورًا تمامًا، إذ ظلت الطاقة المولدة من المياه ذات أهمية كبرى في بعض المجالات وفي عدد من العمليات، كما استجاب ميكانيكيُّو الآلات للضغط من أجل إنتاج سواقٍ عالية الكفاءة، وبارعة التصميم. ثم بدأ أخيرًا إنتاج التوربين المائي — الذي ظهر بأشكال عدة ومختلفة — والذي لا يزال يحقق خدمة كبيرة في مجال توليد الطاقة الكهربائية من القوى المائية أو الهيدروليكية. ونعرف أيضًا أن الطواحين التي تعمل بطاقة حركتَي المد والجزر أو طواحين الهواء ظلت مستخدمة طوال هذه الفترة، على الرغم من تناقص أهمية دورها، بيد أن المحرك البخاري — الذي عُني بتحسينه وات، وأصبح يعمل بالبخار عالي الضغط بفضل جهود كل من تريفيثيك وإيفانز — هو الذي أسر خيال المهندسين، واستطاع أن يفي بحاجة السوق من أجل محرك أساسي كفء ومتعدد الاستخدامات.

ولم يكد القرن ينتصف حتى أصبح المحرك البخاري الترددي راسخًا مستقرًّا باعتباره المنتج الأساسي للطاقة الصناعية، وباعتباره أيضًا مصدر قوة الضخ للمناجم ومحطات المياه، ثم علاوة على هذا وسيلة الانتقال بالسكك الحديدية في أنحاء العالم، وأخيرًا باعتباره القوة الدفعية لأساطيل السفن التجارية التي تضخمت أكثر وأكثر، وكانت قد بدأت تجرد الرياح من آخر وأحب معاقلها، ألا وهي السفن الشراعية.

وكان هذا إنجازًا ذا أهمية اقتصادية هائلة وإن لم يكن بمستطاعٍ تقديرُها، علاوة على تأثيره الخيالي العظيم. لقد أصبح تسخير البخار أكثر مكتسبات البشرية جسارة وجرأة من نار بروميثيوس، وفتح مجالات للثروات لا حدود لها، ولتقدُّم لا نهاية له. واستولت الفكرة على خيال فنانين عظام من أمثال جي إم دبليو تيرنر، على نحو ما يبين في

لوحته «المطر والبخار والسرعة»، وكذا تنيسون، وكيبلنج وغيرهما ممن استخدموا صورة المحرك البخاري في قصائدهم. وكان للمحرك البخاري أثره العميق في المناظر الطبيعية، تَمثَّل في قاطرات السكك الحديدية ومداخن المصانع. ولكن بعض المعلقين نظروا إلى هذه التطورات بهلع، إذ رأوا فيها صورة لزحف «الطواحين الشيطانية المظلمة». بيد أن المزاج العام للرأي السائد خلال القرن التاسع عشر على نطاق الحضارة الغربية بدا مزاجًا متفائلًا إزاء ما سوف يحققه المحرك البخاري من ثروة ومنافع أخرى. ولم يخب رجاء البشرية تمامًا في هذه الآمال.

الفصل الرابع

الاحتراق الداخلي والكهرباء

تحققت للمحرك البخاري الترددي الهيمنةُ على كل جوانب الصناعة والنقل خلال القرن التاسع عشر، ولكنه على الرغم من هذا بات واضحًا مع نهاية القرن أن هيمنته على القدرة التكنولوجية تواجه تحديًا قويًّا من جانب أشكال أخرى لعمليات تحويل الطاقة؛ فهناك أولًا التوربين البخاري الذي أثبت أن بإمكانه أداء وظائف على نحو أفضل من التصميمات الترددية التقليدية. ثم كان هناك محرك الاحتراق الداخلي الذي بدأ يبشر بالسيطرة على أسواق جديدة واسعة، يعجز المحرك البخاري عن أن يقدم بديلًا ملائمًا عنه. وظهرت خلال هذه العملية أشكال جديدة قادرة على منافسة البخار مباشرةً في مجالات استعمال كانت قد استقرت وتوطدت له. وثالثًا أن تيار الكهرباء الذي أصبح ميسورًا على نطاق واسع بدأ يكسر احتكار المحرك البخاري في الصناعة والنقل. (نعرف أن الكهرباء ليست في حد ذاتها محركًا أساسيًّا،[١] نظرًا لأنها تستلزم عملية توليد ميكانيكية لإنتاجها، وهذا هو ما يتم عن طريق التوربينات المائية أو البخارية، ولكن الكهرباء حققت في مجالات استعمالها نتائج تمثل تحديًا خطيرًا جدًّا لتكنولوجيا البخار التقليدية.) وأخيرًا اكتُشف خلال القرن العشرين مصدر جيد للطاقة المستمدة من الوقود النووي، بيد أن هذه الطاقة يتعين لاستخدامها في مجالات كثيرة تحويلها إلى كهرباء عن طريق توربينات بخارية. والملاحظ أن تطور جميع هذه المصادر البديلة للطاقة جعل المحرك البخاري الترددي طرازًا باليًا من الناحية العملية، كما كان حافزًا لاستمرار الثورة في مجال تكنولوجيا الطاقة.

---

[١] المقصود بالمحرك الأساسي: المحرك الذي لا يحتاج إلى محرك يحركه. (المترجم)

إن المبادئ الأساسية للتوربين البخاري معروفة منذ القِدم، والتي تتضمن توليد الحركة الدورانية عن طريق تأثير صدمة تُحدِثها نفثة بخار قوية في الجسم المتحرك (الدوار)، أو عن طريق رد فعل لنفثة بخار قوية يطردها الجسم الدوار. ويشبه الطراز الأول المعروف باسم «التوربين الدفعي» تشغيل ساقية سفلية الدفع. أما الطراز الثاني الذي يعمل طبقًا للمبدأ نفسه، مثل المرشة الدوارة لري الحدائق، فهو توربين رد فعلي. ولكن المشكلات المتعلقة بتحويل هذين المبدأين إلى وحدات كبيرة الحجم تعمل بقوة البخار كانت مشكلات جمة؛ ذلك لأنها أولًا تعتمد على إمداد ثابت من البخار عالي الضغط، ورأينا فيما سلف أن رواد القدرة البخارية في القرن الثامن عشر كانوا عازفين أو عاجزين عن توفير هذا بسبب قصور المراجل، وعندما أصبح البخار عالي الضغط ميسورًا بدا أن من الصعب التحكم بفعالية في الطاقة الصادرة عن دفقة البخار القوية، وظل الأمر كذلك إلى أن طُور التوربين المائي تطويرًا كافيًا بحيث وضحت هذه الآلية في التشغيل، وعلاوة على هذا أنه، حتى ذلك الحين، كان المحرك البخاري الترددي لا يزال في مراحله الأولى المذهلة، ويحقق مستوى أداء رفيعًا يتعين أن تتحداه أي تكنولوجيا جديدة. ونتيجة لهذا كانت عملية تطوير التوربين البخاري مصيرها التأجيل إلى حين حل جميع مشكلات التشغيل، ولم تحن هذه اللحظة إلا خلال العقدين الأخيرين من القرن التاسع عشر.

والرجل الذي استحدث أول توربين بخاري عملي هو السير شارلس بارسونز، وحصل على براءة اختراعه العام ١٨٨٤م، عن توربين رد فعلي. ويمر البخار في هذا التوربين من خلال سلسلة من الدوارات Rotors لها جذع واحد، وتتصل بها سلسلة من الأرياش المروحية المثبتة، ويزداد حجم كل من الأجزاء المتحركة والثابتة على امتداد طول التوربين لتتناسب مع انخفاض درجة ضغط البخار عند التمدد، ويؤدي دفق البخار خلال التوربين إلى دوران الدوارات بسرعة عالية. وكان التوربين البخاري، شأنه شأن التوربين المائي، عبارة عن أنبوب مغلق تمامًا فيما عدا فتحات دخول وخروج البخار، ويوجد مكثف يساعد على دفق البخار خلال الأنبوب، ويسحب المكثف عادم البخار. وقَرَن بارسونز على الفور توربينه بمُولد كهربائي ليثبت أن الدوران عالي السرعة هو الوضع الأمثل لتحقيق أهدافه. وسرعان ما حدث تطوير لهذه الآلة لاستخدامها تجاريًّا في الصناعة الوليدة الخاصة بإمدادات الكهرباء، وأدى هذا مع نهاية القرن إلى شيوع استخدام التوربينات البخارية على نطاق واسع في محطات توليد الكهرباء.

وحتى ذلك الحين، أدخل بارسونز وغيره من المخترعين العديد من التحسينات ومظاهر الصقل على آلية التوربينات البخارية، مما أدى إلى زيادتها زيادة كبيرة من حيث

الحجم والكفاءة. وواجهت بارسونز صعاب أساسية عند استخدام جهازه الأصلي المعتمد على الدفق المحوري. وهنا أجرى تجارب على تصميم آخر يعمل على أساس الدفق نصف القطري، حيث يتدفق البخار من المركز إلى المحيط خلال دوائر متحدة المركز من الدوارات والأرياش المروحية الثابتة. وهكذا أثبت إمكان استخدام مبادئ التشغيل نفسها، على الرغم من أن التعقيدات الميكانيكية التي واجهته أكثر من السابق. وأنتج المهندس السويدي «دي لافال» تصميمًا عالي الكفاءة لتوربين بخاري دفعي العام ١٨٨٩م، حيث يتجه بخار عالي الضغط خلال منفث أو مخرج مصمم تصميمًا دقيقًا، ويؤدي تجويفه المتزايد إلى تحويل طاقة ضغط البخار إلى سرعة اتجاهية، ويُنتِج دورانًا عالي السرعة للغاية. ويتكون الدوار من عجلة على حافتها أرياش محورية منحنية، وفُوَّهتها متجهة نحو البخار وموجودة داخل أنبوب بداخله مكثف يكثف عادم البخار المستخدم. وراج طراز توربينات دي لافال التي تدور بسرعات عالية جدًّا؛ نظرًا لأن طاقة البخار تُستنفد بالكامل في مرحلة واحدة، وكان يتعين تخفيف سرعته كثيرًا حتى يعمل بكفاءة. وصُممت فيما بعدُ توربينات دفعية تُقسِّم تمدُّد البخار إلى مراحل عدة، مما يهيئ كفاءة في السرعات المنخفضة.

وهكذا طرأت تغيرات سريعة على التوربين البخاري، واستمرت هذه العملية عقودًا عدة. مثال ذلك أن وحدة بارسونز الصغيرة للعام ١٨٨٣م، والتي تولد ١٠ أحصنة، نمت وتحولت إلى المولد التوربيني العملاق للتيار المتبادل المستخدم في محطات توليد القوى الحديثة، والذي يُنتِج حوالي ٦٠٠ ألف حصان من جزء ضئيل من حجم استهلاك الوقود في المحركات البخارية الأولى. ولم يكن التوليد الفعال للكهرباء هو الإنجاز الوحيد لتكنولوجيا التوربين البخاري. وسرعان ما أدرك بارسونز أن توربينه يمكنه، في حالة خفض سرعته بدرجة ملائمة، أن يكون أكثر المصادر كفاءةً لدفع حركة السفن. وترددت القيادة البحرية البريطانية في تصديق مثل هذا الاحتمال، بيد أن بارسونز استطاع أن يدفعهم إلى تغيير رأيهم هم ومهندسين بحريين آخرين من أنحاء مختلفة من العالم حين قدَّم برهانًا عمليًّا مثيرًا في أثناء الاستعراض العسكري بمناسبة اليوبيل البحري العام ١٨٩٧م؛ ذلك أن الزورق التجريبي، المسمى توربينيا Turbinia الذي يسير بقوة دفع توربيني، وثب سريعًا وسط السفن الأخرى التي بدت إزاءه كسولة، وانطلق بسرعة أذهلتهم؛ إذ بلغت سرعته ٣٤ عقدة. وذاع على مدى عقد واحد استخدام التوربينات البخارية لتوليد قوة الدفع لكل من السفن الحربية والتجارية. وبدأ هذا مع السفينة موريتانيا، التي استهلَّت إبحارها العام ١٩٠٦م، وهي مجهزة بتوربينات قوتها ٧٠ ألف حصان، وسرعتها ٢٧ عقدة. وبعد هذا

أُبدلت بالتوربينات البخارية محركات الديزل لأداء أكثر المهام الخاصة بالدفع البحري، ولكن التوربينات البخارية ظلت مستخدمة ولا تزال في بعض السفن الكبرى.

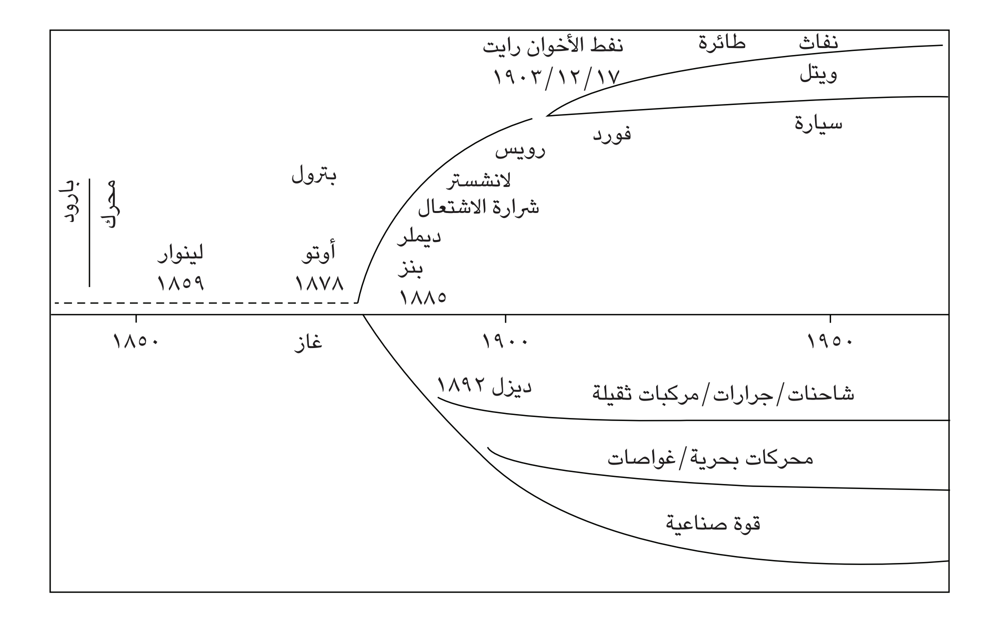
والجدير ذكره أن المحرك داخلي الاحتراق، مثله مثل التوربين البخاري، له سوابق تاريخية منذ زمن طويل قبل تطوره ليمثل تحديًا قويًّا وناجحًا للمحرك البخاري الترددي في نهاية القرن التاسع عشر وفي القرن العشرين. لقد لحظ المعلقون العلميون أن عمل البندقية هو في جوهره عمل المحرك؛ إذ يعتمد على إحراق الوقود الموجود في صورة بارود داخل أسطوانة (وهي هنا ماسورة البندقية) لتوليد حركة في القذيفة، فتسلك القذيفة سلوك الكباس داخل المحرك البخاري، ولكن الحركة هنا هي حركة أحادية الاتجاه، ولا يمكن تكرارها من دون إعادة حشو الوقود والذخيرة، ولكن عدم القدرة على تكرار الفعل تمثل عائقًا حاسمًا حال دون استحداث محرك أصيل يعمل بالبارود، ولكن تأكد تمامًا الإمكان النظري لمثل هذا المحرك «داخلي الاحتراق»، حيث يحترق الوقود داخل أسطوانة التشغيل بدلًا من الخارج، كما هي الحال في المحرك البخاري. وكان المخترعون على وعي بإمكانات هذا المحرك شريطة توافر الوقود الملائم.

وكان غاز الاستصباح هو الوقود الذي جعل من المحرك داخلي الاحتراق أداة عملية. وأول من استقطره من الفحم وليام موردوخ وكيل بولتون ووات، وذلك في تسعينيات القرن الثامن عشر، واستُخدم آنذاك لإضاءة مؤسسة سوهو في برمنجهام العام ١٧٩٨م، وسرعان ما زاد إنتاجه واستعماله، حتى إنه في منتصف القرن التاسع عشر كانت كل مدن بريطانيا صغيرها وكبيرها وكثير من مدن القارة الأوروبية وأمريكا مجهزة بوسائل إمدادها بغاز الاستصباح. ونعرف أنه في العام ١٨٥٩م تمكن المهندس الفرنسي لينوار من صنع محرك يشعل غاز الاستصباح فيه بشرارة كهربائية داخل أسطوانة أفقية، وبذا تدفع الأسطوانة الكباس مع استخدام حدافة لإعادة الكباس إلى طرف الإشعال الخاص بالأسطوانة. وكانت الماكينة شديدة الصخب وغير منتظمة الحركة وضخمة الحجم، ولكنها كانت تعمل، وأمكن تطويرها وتحويلها إلى محرك عملي. وتمثلت أهم مشكلاتها في مراحلها الأولى في صعوبة إشعال الوقود في اللحظة الصحيحة والدقيقة تمامًا، وكذلك في صعوبة توليد حركة منتظمة سلسة من الطبيعة العنيفة لشوط التشغيل. وعولجت المشكلة الأولى عن طريق إحلال العديد من الوسائل المختلفة، مثل الإشعال بلهب خارجي أو أنابيب ساخنة، غير أن التحسينات التي طرأت على البطاريات الكيميائية والتجهيزات الكهربائية شجعت على العودة إلى شرارة الإشعال، ومن ثم إلى نظام شمعة الإشعال، وهو نظام

قادر على أن يوصل بالدقة نوع الشرارة اللازمة في اللحظة الصحيحة داخل دورة المحرك، وأصبح هذا هو النظام المعتمد عالميًّا.

وأمكن التوصل إلى الحركة المنتظمة السلسة عن طريق استخدام «دورة أوتو» التي وضع تصميمها المهندس الألماني إن إيه أوتو العام ١٨٧٦م. وتتألف الدورة من أربع مراحل؛ الحقن (ويُقصد به حقن الوقود داخل الأسطوانة) والضغط والإشعال وانبعاث العادم. وأثبت علم الديناميكا الحرارية، وهو علم جديد آنذاك، أن الوقود سوف يحترق على نحو أكثر فعالية إذا ما كان منضغطًا. وهكذا جعل أوتو الكباس يضغط الغاز في شوط العودة بعد أن أُدخل في الأسطوانة خلال الشوط الأول، بينما كان الكباس خارجًا من الأسطوانة. ويحدث الشوط الثالث — والذي يمثل مرحلة التشغيل الوحيدة من بين المراحل الأربعة — عند اشتعال واحتراق الغاز، فيدفع الكباس إلى الخارج مرة أخرى. وعند عودة الكباس في الشوط الرابع يكون قد استنفد الغاز المحترق من الأسطوانة، وبذا يتهيأ الوضع لإعادة الدورة، واستخدمت غالبية المحركات داخلية الاحتراق هذه الدورة. وطُورت الصورة الأبسط للمحرك «ذي الشوطين» لاستخدامه في محركات الدراجات، وغير ذلك من المهام البسيطة. وكان الاتجاه استخدام دورة أوتو في كل الأسطوانات، ولكن وضح أن المحرك يعمل على نحو أفضل في هذا التصميم حين تكون هناك أربع أسطوانات أو أكثر متزاوجة، وتكون كل أسطوانة مصممة لأداء مرحلة من الدورة في لحظة بذاتها. والملاحظ في أي محرك من هذا الطراز — الذي يمثل محرك السيارة الحديثة — أنه توجد دائمًا أسطوانة واحدة هي التي تزود بشوط القدرة مما يضمن الحركة المنتظمة السلسة للمحرك.

واستطاعت المحركات التي تعمل بالغاز أن تنافس بنجاح الطاقة البخارية بالنسبة لأداء كثير من المهام الخفيفة والمتوسطة على مدى العقود الأخيرة من القرن التاسع عشر؛ وذلك بسبب توافر غاز الاستصباح على نطاق واسع، علاوة على الميزة العملية، وهي عدم الحاجة إلى حجرة مرجل متقنة الصنع لرفع درجة البخار، وهو الشيء الضروري في المحرك البخاري، ولكن لم يتوافر إمكان واقعي لمنافسة البخار في أداء أغراض الحركة الانتقالية بسبب الطبيعة الثابتة للإمداد بالغاز. وطرأت ثورة على هذا الوضع نتيجة استعمال وقود بديل للمحرك داخلي الاحتراق، وهو زيت النفط ومشتقاته. والمعروف أن القار الطبيعي وزيوتًا أخرى مستخرجة من نباتات أو حيوانات كانت تُستخدم منذ زمن طويل في المصابيح، نظرًا لما تتميز به من خواص إضاءة، ولكن تطور المحرك داخلي



شكل ٤-١: تطور المحرك داخلي الاحتراق.

الاحتراق فتح سوقًا كبيرة وجديدة لهذه الزيوت. كذلك فإن الاستهلاك المنتظم لاحتياطات زيت النفط، علاوة على الصناعة العملاقة المتخصصة في تكرير منتجات آبار النفط، أضحت جميعها من المظاهر الأساسية للتصنيع في القرن العشرين؛ ولهذا، فإن أنواع وقود الزيت لم تؤدِّ فقط إلى زيادة أوجه استعمال المحرك داخلي الاحتراق وتأكيد ملاءمته، بل إنها جعلتها أيضًا متنقلة؛ ذلك لأن إمدادات البترول (الجازولين) أو زيت البرافين (الكيروسين) أو زيت الديزل يمكن تعبئتها بسهولة في صهريج لإمداد المحرك بها. وأسفر هذا عن توسع هائل في إنتاج هذا المحرك الأساسي الذي أثر بعمق في كل جوانب الحضارة التكنولوجية الحديثة.

وفي العام ١٨٨٥م استخدم جوتليب ديملر في تسيير محرك داخلي الاحتراق البترول المتبخر أو الطيار، وهو أكثر منتجات صناعة تكرير البترول، خاصة سريع البخر، الذي كان يُعتبر في السابق نفاية خطرة. وبعد ذلك بفترة قصيرة ثَبَّت هذا المحرك في دراجة ليصنع بذلك أول دراجة تسير بمحرك. وفي العام نفسه استخدم مهندس ألماني آخر يدعى «كارل بنز» محركًا بتروليًّا أحادي الأسطوانة لتسيير مركبة ذات ثلاث عجلات،

وبذلك أنشأ أول عربة لا تجرها خيل، وأول سيارة حقيقية. وتلقفت بلدان أخرى في غرب أوروبا وفي شمال أمريكا الفكرة بحماسة كبيرة، مثال ذلك هنري فورد أنجح أبناء الجيل الجديد من المخترعين أصحاب المشروعات الذي اقتحم صناعة السيارات، وأنشأ أول سيارة والمعروفة باسمه العام ١٨٩٦م. وحقق في العام نفسه مهندس السيارات البريطاني الجنسية انتصارًا كبيرًا بفضل إلغاء قانون «الراية الحمراء Red Flag Act» الذي كان يفرض عقوبة على جميع أشكال الدفع الميكانيكي للحركة على الطرق. وبحلول العام ١٩٠٣م أنشأ فورد «شركة فورد للسيارات» في ميتشجان، والتي حققت ازدهارًا واسعًا على مدى السنوات التالية. وتميز فورد بالسرعة في تبنِّي الاختراعات الواعدة، مثل بادئ الحركة الذاتي في العام ١٩١١م، والمعادن الجديدة، مثل فولاذ الفاناديوم الذي استخدمه في النموذج تي Model T لإنتاج المركبة تن ليزي Tin Lizzi؛ أشهر مركبات الإنتاج الكبير من السيارات، وأقام فورد من أجل هذه المركبة العام ١٩٢٣م خط التجميع المتحرك الجديد، الذي أدى إلى زيادة الإنتاج إلى أكثر من مليونَي سيارة في العام، وبذا سيطرت السيارة «موديل تي» على السوق العالمية. وتبنت مصانع السيارات الأخرى طريقة فورد على نطاق واسع، وأدت هذه الطريقة إلى تحول جذري وشامل في التنظيم الصناعي الحديث مثلما ساعدت منتجاتها على تغيير أسلوب الحياة.

وجدير بالملاحظة أن القطاع الأكبر من التكنولوجيا الأساسية للمحرك داخلي الاحتراق مأخوذ مباشرة من المحرك البخاري؛ إذ أفاد المخترعون من صناعة الأسطوانات المجوفة بدقة، والكباسات المحكمة تمامًا، والصمامات، وغير ذلك من المكونات. واستطاع المخترعون الذين استحدثوا التكنولوجيا الجديدة أن يستفيدوا من الخبرة العريقة المكتسبة في مجال صناعة المحركات البخارية. ووجد كثيرون من الصناع أن من اليسير جدًّا عليهم الانتقال من البخار إلى الاحتراق الداخلي استجابة لمتطلبات السوق المتغيرة. وهذه العملية التي تعتمد على استلهام الخبرة الأساسية من تكنولوجيا موجودة بالفعل يمكن اعتبارها نسخة مطبقة على نحو رائع من مفهوم «الترس والسقاطة»، حيث تتعلم التكنولوجيا الجديدة من أخرى مزدهرة سابقة عليها، ثم تحل محلها.

ومع هذا، نجد أن الاحتراق الداخلي في جوانب معينة، يختلف اختلافًا واضحًا ومهمًّا عن تكنولوجيا البخار. وهذا هو ما نجده مطلوبًا على وجه التحديد فيما يتعلق بمستوى الفهم العلمي من كل من المخترعين والصناع. لقد كان المحرك البخاري نتاجًا للتراث التجريبي للميكانيكيين العاملين في مجال الطواحين، إذ كانوا يلتمسون دائمًا تحسين

الأداء عن طريق الاهتمام بتفاصيل الخبرة العملية، ولهذا كان رواد المحرك البخاري، كما رأينا فيما سبق، على ألفة بالمبادئ العلمية الحاسمة الخاصة بموضوعات الفراغ والضغط الجوي، وكانت هناك قلة من المهندسين الرواد من أمثال جيمس وات زملاء في الجمعية الملكية على دراسة جيدة بعلوم العصر، غير أن الأرجح أن تكنولوجيا البخار استمدت القليل من البحث العلمي، أو كانت كذلك حتى نهاية القرن التاسع عشر، ويمكن القول إنها أفادت العلم أكثر مما أفاد العلم المحرك البخاري، وسبب ذلك أنها اعتمدت على تأمل نظري في سلوك المحرك البخاري، وبخاصة في طريقة تحويله الحرارة إلى عمل، وهذا هو ما نهض بعلم الديناميكا الحرارية. إن العلم الجديد الذي اكتملت تفاصيله مع انتصاف القرن التاسع عشر أصبح مهمًّا لتطوير المحرك داخلي الاحتراق، وأصبح ضروريًّا وأساسيًّا في نهاية المطاف؛ ذلك لأن المحرك عالي الضغط الذي استحدثه رودولف ديزل العام ١٨٩٢م مبني تأسيسًا على المبدأ الرئيسي للديناميكا الحرارية، بحيث أصبح ممكنًا إحداث إشعال ذاتي في الوقود عن طريق الضغط الشديد المكثف. وكان لزامًا على ديزل أن يتغلب على عدد من مشكلات التشغيل الرهيبة قبل أن يحقق محركه نجاحًا تجاريًّا، ولكن أصبح المحرك المعتمد في العقد الثاني من القرن العشرين لإنتاج العديد من المحركات المتينة قوية الاحتمال للعمل في السفن والجرارات والحافلات العامة، ولا يزال يحقق المزيد من النجاحات الكبرى حتى يومنا هذا.

وكان طبيعيًّا أن نفترض أن المحرك الترددي داخلي الاحتراق سوف يفسح في الطريق ليحل محله تصميم قادر على توليد تأثير دوراني مباشر، تمامًا مثلما حل التوربين البخاري في جوانب كثيرة محل المحرك البخاري الترددي، ولكن التماثل الكامل بين الأمرين هو في الواقع أمر مضلل؛ ذلك لأن الوقود المحترق قد لا يولد بالضرورة التأثير نفسه الناتج عن تيار مائي أو بخاري. علاوة على هذا فإن بناء غرفة احتراق لإحراق الوقود يستلزم مواد أكثر قوة وصلابة من المواد المتاحة في السابق لدى مهندسي الاحتراق الداخلي، وذلك لكي تتحمل درجة حرارة عالية بشكل ثابت. بيد أن فرانك هويتل كان قد قطع شوطًا طويلًا في سبيل تحديد المبادئ الأساسية لمحرك توربيني غازي، وقتما كان تلميذًا صناعيًّا في سلاح الطيران الملكي خلال العشرينيات من القرن العشرين، واستخرج براءة اختراع لهذا الغرض العام ١٩٣٠م. واستشعر خيبة أمل إزاء عدم اهتمام الرسميين، وبسبب المشكلات المالية، مما دفعه إلى ترك العمل في المشروع، ولكن اقتراب الحرب العالمية الثانية أثار اهتمام الحكومة وأصبح بالإمكان تجميع فريق عمل في العام ١٩٣٦م. ودار أول محرك تجريبي العام ١٩٣٧م، وتوالت أعمال التطوير منذ ذلك التاريخ حتى نجحت

صناعة أول طائرة نفاثة لتدخل الخدمة خلال المراحل النهائية من الحرب. وحتى ذلك الحين كانت هناك فرق عمل أخرى عاكفة على الفكرة نفسها. وكان الألمان هم أول من أدخلوا الطائرات النفاثة في الخدمة الفعلية.

وأصبح التوربين الغازي محركًا نفاثًا، ذلك لأنه في شكله الأساسي يولد قدرة عن طريق قذف تيار من الوقود المستهلك إلى خارج غرفة الاحتراق التي احترق فيها.

وتجري هناك حركة دورانية ولكن فقط لاستخدامها من أجل توليد ضغط الوقود قبل الإشعال. وتتابعت تصميمات أخرى، مثل المحرك المروحي التوربيني الذي يستهدف الاستخدام الكامل لهذا الأداء الدوراني لتدوير رفَّاص أو لتدوير عجلات، كما يحدث في بعض الحالات، مثل السيارات التجريبية. وهناك تصميمات تجريبية أخرى، مثل المحرك النفاث الضغاطي، الذي كان الهدف منه أن يحل محل الضاغط الدوراني، عن طريق الاعتماد على الضغط الطبيعي للسحب على السرعة، غير أن هذا الاستخدام استهدف أن يكون في الغالب قاصرًا على السرعات العالية، مثل الطيران على ارتفاع شاهق. والملاحظ أن الضوضاء والاستهلاك الكبير للوقود حالا دون استخدام التوربين الغازي في مجالات العمل في المواقع المنشأة على الأرض، ولكن انخفاض نسبة الوزن إلى القدرة جعل هذه التوربينات الشيء المثالي للطيران. وبالفعل أصبحت هي المستخدمة تقريبًا على النطاق العالمي في الطائرات الضخمة الحربية والمدنية.

وعلاوة على التوربين الغازي ظهرت بعض المحاولات الأخرى الأقل نجاحًا لتحويل المحرك داخلي الاحتراق إلى تأثير دوراني مباشر. وإحدى هذه المحاولات محرك وانكل المنكوب الذي قدمه صاحبه كوحدة لتوليد القدرة في السيارة، لاستخدامه في بعض السيارات الألمانية خلال ستينيات القرن العشرين. ويشتمل هذا المحرك على كباس دوراني وقطاع مثلث الشكل لقرص يدور بفعل تمدد الوقود المحترق الذي يضغط على كل من أوجهه الثلاثة على التوالي. وكان التصميم مدمجًا، ويعمل بطريقة جيدة إلى حد كبير، ولكنه واجه مشكلات بشأن تطويره، وثبت أن الجمهور لا يفضله مما دفع الشركة الصانعة إلى التخلي عن إنتاج السيارة على الرغم من تطوير المحرك لاستخدامه في استعمالات أخرى. ويمثل مآل هذا الاختراع الواعد تذكرة مفيدة بكل من المرونة الكبيرة وقابلية التكيف كصفتين يتميز بهما المحرك الترددي داخلي الاحتراق، وتذكرة أيضًا بخطر التنبؤ بالزوال التكنولوجي، إذ ثبت خطأ هؤلاء المعلقين الذين كانوا مقتنعين تمامًا بأن المحرك الترددي بلغ أقصى حدود التطوير والكمال، مثلما كانت حال كثيرين ممن كانوا على استعداد لكي

يقولوا الشيء نفسه عن القاطرة البخارية في خمسينيات القرن العشرين، ذلك أن المحرك العياري الذي يدار بالبترول، وكذا المحرك العياري الذي يدار بالديزل، علاوة على التوربين الغازي، ظهرت لتكون لها الهيمنة بصورة مثيرة على النقل البري والبحري والجوي خلال القرن العشرين.

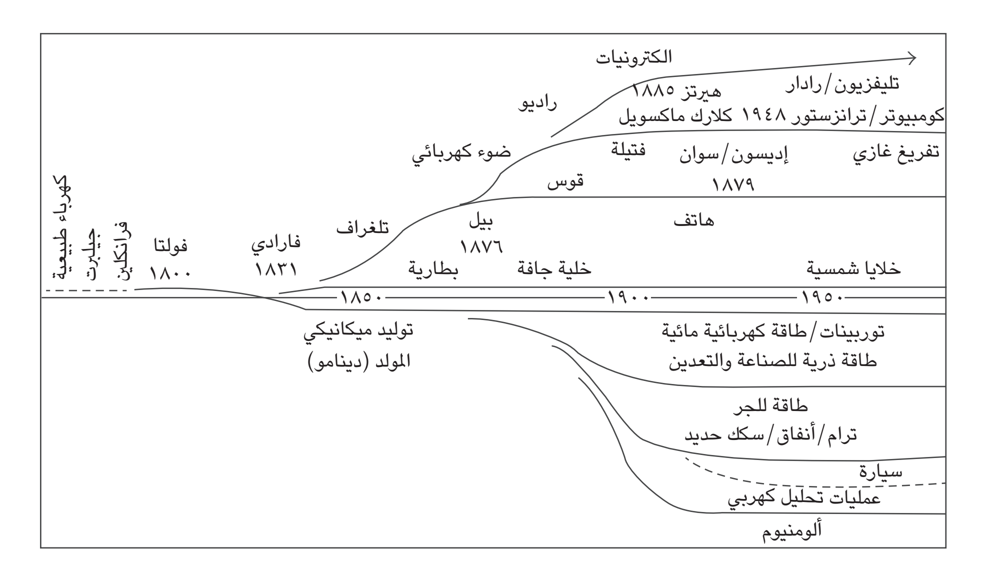
والمحرك داخلي الاحتراق، شأن المحرك البخاري من قبله، هو محرك حراري. والجدير بنا أن نشير على نحو عابر إلى أنه كانت هناك أشكال أخرى من المحرك الحراري التي لم تحظَ بنجاح كبير حتى ذلك الوقت، ولكن لا تبشر بإمكانات محتملة لاستعمالات جديدة في المستقبل. ولعل أهم هذه المحركات المحرك الذي يعمل بالهواء الساخن، واختُرِع في فترة باكرة من القرن التاسع عشر، ويعتمد في أدائه لشوط التشغيل على تمدد الهواء الساخن مقابل كباس داخل أسطوانة. وبينما يظل أحد طرفَي الأسطوانة ساخنًا دائمًا بفعل مصدر خارجي للطاقة، فإن الهواء الساخن ينتقل بشكل متوالٍ إلى الطرف البارد بعد كل شوط، ثم يعود للتسخين ثانيةً لأداء الشوط التالي. وأنتج القسيس الاسكتلندي «روبرت سترلنج» محركًا من هذا الطراز صالحًا للعمل العام ١٨١٦م، وأضاف إليه جهازًا لتبادل الحرارة لتبريد وتسخين الهواء بالتناوب في أثناء مرور الهواء، وطرأت على المحرك الذي يعمل بالهواء الساخن إضافات مهمة لصقله وتعديله، وأثبت أنه مصدر مهم للطاقة في مجال الاستعمالات الصغيرة الحجم، مثل مراوح التدوير، ولكنه في الاستعمالات الأكبر حجمًا عجز عن منافسة المحرك البخاري. وبعد ذلك، أي في القرن العشرين، بدأ استخدام الطاقة الكهربائية، وحلت محل المحرك البخاري، وأصبحت هي السائدة حتى في مجالات الاستعمالات الصغيرة التي ازدهر فيها هذا المحرك، الذي تدهور حتى كاد يصل إلى نقطة التلاشي، ولكن لا نزال نجد بعض المتحمسين للمحرك الذي يعمل بالهواء الساخن، ولا يزال بالإمكان أن نجد له بعض الاستعمالات التجارية في تكنولوجيا الفضاء والطب.

وهناك محرك حراري آخر أثبت في القرن العشرين أنه يتمتع بخصائص وإمكانات مثيرة، ونعني به الصاروخ، إذ بعد أن كان مجرد لعبة صغيرة من ألعاب الأطفال تطور سريعًا خلال الحرب العالمية الثانية ليصبح وسيلة لحمل وإطلاق رأس حربية أو قذيفة متفجرة شديدة القوة، والتأثير إلى مدًى أبعد كثيرًا من مدى أضخم المدافع. ونذكر هنا تكنولوجيا سلاح في٢ V2-Weapon، ونذكر معه أيضًا «فيرنر فون براون» ومهندسين آخرين عكفوا على إنتاجه، وحصلت الولايات المتحدة بعد ذلك على هذا السلاح واستخدمته لاستكشاف إمكانات محرك الصاروخ كوسيلة للسفر عبر الفضاء. ويحمل الصاروخ مئونته من الوقود السائل الذي يمتزج ببعضه ويحترق داخل غرفة احتراق، وهكذا تتولد

عن الصاروخ القدرة الكافية للانطلاق ذاتيًّا دون أن «يتنفس» هواء الغلاف الجوي. معنى هذا أنه — على خلاف المحرك داخلي الاحتراق بمختلف أشكاله التقليدية — يملك هذا المحرك القدرة على العمل في فراغ الفضاء الخارجي بعيدًا عن الغلاف الجوي المحيط بالأرض. وعكف مهندسو الفضاء في الولايات المتحدة الأمريكية وفي الاتحاد السوفييتي السابق على تطوير هذه الخاصية للإفادة بها في استكشاف الفضاء، وهكذا أصبح المحرك الصاروخي مسئولًا عن جانب من أهم الجوانب إثارة في تكنولوجيا القرن العشرين.

ونعود مرة أخرى إلى الأرض لنجد أن الكهرباء أصبحت في القرن العشرين مصدرًا هائلًا ومهمًّا للطاقة من أجل الأغراض الصناعية والمنزلية. وسبق أن أوضحنا أن الكهرباء لا تمثل محركًا أساسيًّا، إذ يلزم توليدها عن طريق مصدر آخر كيميائي أو ميكانيكي. وجاءت الخطوة الأولى في سبيل الحصول على تيار كهربي صالح للاستعمال مع مستهل القرن العشرين، عندما وضع عالم الفيزياء الإيطالي «فولتا» تصميمًا للبطارية Voltaic Pile، وهي عبارة عن عامود متراصٍّ من أقراص معدنية، يفصل بينها ورق مشرب ملوحة، يسبب تفاعلًا كيميائيًّا يتولد عنه تيار كهربي. وأجرى العلماء في أوروبا وفي أمريكا تجارب على هذا الشكل الجديد من الطاقة. وفي العام ١٨٣١م أثبت ميشيل فاراداي أن هناك إمكانات عملية للعلاقة بين الكهرباء والمغناطيسية تفيد في توليد الكهرباء ميكانيكيًّا مثلما تفيد في إنتاج محرك كهربائي. وكان المبدأ الأساسي لهذا بسيطًا للغاية؛ أوضح فاراداي وجود تيار تولد بالحث في ملف سلكي دار فيما بين قطبَي المغناطيس، وأنه بالتناوب كلما سرى تيار خلال هذا الملف فإنه ينحرف أو يدور حول نفسه بفعل المجال المغناطيسي. ولم تمضِ سوى بضعة عقود حتى أمكن الاستفادة بالكامل من نتائج هذه المكتشفات، إذ كان لا بد من حسم الكثير من مشكلات التصميم الميكانيكي قبل أن تشرع المصانع في إنتاج مولد صالح للاستعمال تجاريًّا، وهنا فقط أصبح استحداث المحرك الكهربائي مسألة واقعية. ولم نبلغ هذه المرحلة في ثمانينيات القرن التاسع عشر إلا حينما بدأ توماس إديسون في الولايات المتحدة، والعديدون من منظمي المشروعات الأوروبيين في تأسيس شبكات الإمداد بالطاقة الكهربائية. وتبين لإديسون بوجه خاص قيمة إمدادات الطاقة، على نحو يُعتمد عليه ويوثق فيه، كوسيلة لتسويق المصباح الكهربائي ذي الشُّعَيرة (السلك المتوهج) الذي ابتكره. وما إن أُسست الشبكة حتى أصبحت متاحة لاستعمالات أخرى، مثل توفير الطاقة لجهاز نقل يتحرك عن طريق الجر بالقوة الكهربائية. واستخدم إديسون التيار المباشر في المنشآت التي أقامها.

ولكن الكثير من مشروعات توليد الكهرباء في أمريكا وأوروبا آثرت التيار المتناوب (الترددي) الذي يعمل بفولتية عالية جدًّا، نظرًا لإمكان نقلها على مدى مسافات بعيدة. وانتهى الأمر بأن أصبح نظام التيار المتناوب هو المعمول به عالميًّا.



شكل ٤-٢: تطور الطاقة الكهربائية.

ولم تكد الكهرباء تصبح ميسورة بوجه عام، وتبين أنها ملائمة وصالحة بطريقة تفوق الوصف للاستعمال في مجالات عدة؛ حتى بدأ تطبيقها في مختلف أنشطة الصناعة والنقل والأغراض المنزلية، وأمكن صناعة وحدات مدمجة لتوليد الطاقة لاستخدامها في الصناعة بعد تركيبها فوق الماكينات. وحلت هذه الوحدات المدمجة محل المحركات البخارية الضخمة التي تعمل بواسطة سيور وأعمدة مناولة علوية، والتي كانت سائدة في المطاحن والورش خلال القرن التاسع عشر. وتمثلت النتيجة المباشرة لهذا في أن الصناعة أصبحت أكثر انتشارًا في مناطق عدة؛ نظرًا لأن مدرج طاقة الكهرباء امتد تقريبًا بغير حدود، ولم يعد رجال الصناعة بحاجة إلى أن يعطوا الأولوية لقرب المكان من مصدر الطاقة لاختيار موقع إقامة المصنع. وفي مجال النقل بدأ الأثر الأولي للكهرباء أكثر غموضًا،

نظرًا لأن عربة الترام الكهربائية — بعد أن حققت نجاحًا مذهلًا لفترة قصيرة — بدت شديدة الضخامة ولا تتصف بالمرونة، مما جعلها تفقد القدرة على منافسة المحرك داخلي الاحتراق لتوفير وتيسير النقل داخل المدن. ومن ناحية أخرى سرعان ما احتكر النقل الكهربائي خدمات النقل في الأنفاق داخل العواصم الرئيسية في العالم الغربي. وأصبح لهذا الطراز نفوذه وتأثيره العميق في تطور المرور داخل الضواحي. وانتهى الأمر بأن أصبحت الكهرباء هي الأخرى بديلًا جذابًا عن البخار وعن الاحتراق الداخلي في خطوط السكك الحديدية عالية السرعة داخل المدن، على نحو ما نجد كمثال في فرنسا خط القطار السريع Train á grande vitesse (TGV)، ولكنها لم تكن بعد قد هيمنت على النقل البري على الرغم من الاهتمام الشديد بتحسين وتطوير بطاريات قادرة على تزويد مركبات البر بطاقة تهيئ لها إمكان أداء مماثل لقدرات السيارات.

وفيما يتعلق بالاستعمالات المنزلية أحدثت الكهرباء ثورة كاملة من جميع النواحي، بحيث أصبحت أمرًا مسلَّمًا به في الغالبية العظمى من منازل المجتمعات الصناعية المتقدمة. وها نحن نرى الإنارة والتدفئة والحرارة وتجهيزات المطبخ متاحة جميعها الآن بمجرد لمسة إصبع لمفتاح، وكذلك الحال بالنسبة لوسائل الغسيل والمكانس الكهربائية ومجموعة كبيرة أخرى من المهام المنزلية التي كانت أمرًا مرهقًا في السابق، وهناك أيضًا جميع وسائل الاتصالات والتسلية العامة. لقد باتت الكهرباء بوصفها هذا في البيت تؤثر تأثيرًا عميقًا في اتجاهات الناس بشأن الخدمة المنزلية على المسئوليات التقليدية لكل من الرجال والنساء، وليس لنا أن ندهش إذ نرى البلدان المتخلفة تتطلع يحدوها أمل في توفير الكهرباء في البيوت وسيلةً لإعفائها من الأعمال المنزلية الشاقة.

وإذا ما استعرضنا الثورة المستمرة في مصادر الطاقة منذ العام ١٨٥٠م سوف يثير انتباهنا أن العقدين الأخيرين من القرن الثامن عشر شهدا مجموعة مترابطة من الاختراعات المهمة، ثم مضى قرن تقريبًا من الاستقرار النسبي الذي أتاح فرصة استيعاب وإنضاج هذه الاختراعات. فهناك الفتوحات التكنولوجية في القرن التاسع عشر التي أنجزها بارسونز ودي لافال في مجال التوربينات البخارية خلال ثمانينيات القرن، وكذا ما أنجزه ديملر وبنز في عقد الثمانينيات، ثم ما أنجزه ديزل في التسعينيات من أجل تطوير المحرك داخلي الاحتراق، وإنجازات إديسون والمهندسين الأوروبيين من أمثال سيمنز وفيرانتي في مجال توليد واستخدام الطاقة الكهربائية خلال الثمانينيات. وكانت هذه الإنجازات جميعها البذرة الأولى الواعدة، بمعنى أنهم بذروا الحَب لينمو ويترعرع في صورة تقدم

تكنولوجي على مدى عقود طويلة في المستقبل. وها هو واقع حياتنا في أواخر القرن العشرين شاهد على أننا لا نزال نولد الكهرباء معتمدين أساسًا على المولدات التوربينية البخارية، ولا تزال مركباتنا وسفننا تستمد طاقتها أساسًا من المحركات داخلية الاحتراق، وهو ما يؤكد الأهمية الفريدة لتلك الاختراعات.

وإذا كان تاريخ تكنولوجيا الطاقة في القرن العشرين تميز باستقراره فيما يتعلق بعملياته الأساسية، فإن هذا لا يعني ضمنًا أن الجديد من التكنولوجيا قليل. وواقع الحال أن عملية الاستيعاب أعقبتها حالة من النشاط والثراء في الموارد، وحدثت بعض التطورات شديدة الأهمية. نذكر كمثال الزيادة الهائلة في حجم الإنتاج والاستهلاك، إذ أمكن توليد كميات أكبر من الطاقة بواسطة توربينات أضخم حجمًا يجري تجميعها داخل منشآت أقل عددًا ولكنها أكثر كثافة. واستطاع إنتاج اقتصادات وفورات الحجم الكبير أن يشكل حافزًا قويًّا لمثل هذا التركيز والزيادة في الحجم. ثانيًا: أدت التعديلات في التصميمات إلى إدخال تحسينات مستمرة على الأداء عن طريق التغيير في تفصيلات نظام الأجهزة واستخدام مواد أفضل حالًا لتوافرها، علاوة على الملاءمة المطردة للحيلولة دون الفاقد، وكذا لتحسين الكفاءة. ونجد هذا واضحًا بشكل خاص في قصة النجاح المذهلة للمحرك الترددي داخلي الاحتراق على الرغم من أنه اضطُر إلى التسليم للتوربين الغازي الخاص بالطيران. ويصدق هذا أيضًا على عمليات الصقل والتشذيب التي أُدخلت على التوربينات البخارية والمولدات وعلى نظم الإمداد بالكهرباء وتصميم المحركات الكهربائية. والنتيجة أن كل جانب من جوانب شبكات الطاقة في تكنولوجيا القرن العشرين شهد عمليات تحسين مطردة في التفاصيل بغية تعظيم اقتصاد التشغيل إلى أقصى حد ممكن.

ثالثًا: على الرغم من أن محركات توليد الطاقة في المجتمع الحديث طرأ عليها تغير أساسي طفيف، فإنه حدثت تجديدات مذهلة في الوقود المستخدم لتوليد هذه الطاقة، ويمثل الوقود النووي أهم هذه الابتكارات. لقد اكتشف علماء الفيزياء النشاط الإشعاعي خلال تسعينيات القرن التاسع عشر، واكتشفوا البنية الأساسية للذرة خلال العقود التالية، ولكن ظل أكثرهم، وحتى الحرب العالمية الثانية، يتشككون في إمكان الاستفادة العملية من هذه المعلومات الجديدة. وأخيرًا بدأ مشروع مانهاتن، وبدأ السباق لصنع القنبلة الذرية، وأدى هذا إلى توفير الموارد اللازمة لبناء أول مفاعل ذري. وبلغت هذه الجهود ذروتها العام ١٩٤٥م، وهو ما تمثل في القنبلتين الذريتين اللتين أسقطتا فوق هيروشيما وناجازاكي. ومع عودة السلام تعززت الجهود والمحاولات لاستحداث استعمالات أكثر

بنائية للطاقة الحبيسة داخل نُويَّات ذرات اليورانيوم والبلوتونيوم، وتحقق هذا بواسطة الحرارة المتولدة عن التحكم في الانشطار النووي داخل مفاعل ذري، والتي يمكن تحويلها إلى بخار ثم إلى كهرباء عن طريق المولدات التوربينية للتيار المتناوب العادية. وكان لا بد من التغلب على العديد من مشكلات التصميم الهائلة لضمان أمن وسلامة محطات القوى النووية الجديدة، وضمان الاعتماد عليها والثقة فيها، بيد أنها ومنذ الخمسينيات في القرن العشرين أصبحت هذه المحطات منشآت ملحقة بشبكات توليد الكهرباء، مما جعل الطاقة ميسورة لجميع المستهلكين في أوروبا وأمريكا الشمالية، ولكنها لا تزال غير شائعة بالدرجة نفسها في بلدان أخرى. ويرجع ذلك من ناحية إلى اعتبارات الأمن والرغبة في تقييد التكنولوجيا النووية وقصرها على القوى الكبرى، على الرغم من أن هذا لم يحلْ في الحقيقة دون إقامة محطات نووية في العديد من بلدان العالم الثالث. وأضحت هذه المحطات شائعة في بلدان أوروبا وخاصة في فرنسا، وهي البلدان التي تواجه نقصًا في الوقود الأحفوري؛ الأمر الذي شجعها على استخدام الوقود النووي.

وفي العقد الأخير ألقت سلسلة من الأحداث، وخاصة حادث تشيرنوبل في الاتحاد السوفييتي السابق، ظلالًا قاتمة على برنامج الطاقة النووية، مما جعل مستقبلها محفوفًا بالشكوك الآن. ولم يكفَّ المنتقدون للبرنامج عن الإشارة إلى أن الصناعة لم تتوصل بعد إلى الوسائل الكفيلة بالتخلص من النفايات المشعة. والآن وقد أنهى الجيل الأول من محطات الطاقة الذرية عمره الافتراضي، وبدأ الاتجاه إلى وضعها خارج الخدمة بدأت تظهر للعيان التكاليف الهائلة اللازمة لعملية الاستغناء عن خدماتها، وبدا واضحًا أيضًا مدى النتائج المروعة المحتمل وقوعها في مؤسسات معقدة التركيب مثل المحطات النووية، سواء بسبب قصور ميكانيكي أو بسبب خطأ بشري، وهي أمور لا يمكن أبدًا الحيلولة دون وقوعها. وهكذا يتوقف المجتمع الصناعي متأنيًا في محاولة لإعادة تقييم الآثار المحتملة لبرنامج يوفر مصدرًا بديلًا للطاقة صالحًا للاستعمال وللحياة، وأن العالم مصيره إلى استنفاد الوقود الأحفوري، بينما الطاقة النووية «نظيفة»، بمعنى أنها لا تلوث الغلاف الجوي أو البيئة بعادم الغازات. بيد أن مشكلة التخلص الآمن من النفايات المشعة تظل في نهاية المطاف عقبة كَأْداء وهائلة على طريق التوسع في الطاقة النووية.

وأخيرًا، يجدر بنا الإشارة إلى أن صناعة الطاقة النووية توفر قاعدة مهمة لإمكان بلوغ تلك الآفاق المثيرة لِلُّعاب من أجل الحصول على الطاقة عن طريق الالتحام النووي. ونحن نعرف أن جميع المحطات التقليدية للطاقة النووية تتألف أساسًا من مفاعلات

نووية تهيئ لنا التحكم في الطاقة المتولدة بفعل حرارة الانشطار النووي في داخلها، ولكن إذا أمكن حث نُويَّات الذرة على الالتحام بدلًا من تحطيمها فسوف تنطلق منها طاقة هائلة على نحو ما يحدث في القنبلة الهيدروجينية، ومن دون أن يترتب على ذلك أي نفاية. علاوة على هذا سيكون بالإمكان أن نستمد المادة الخام من مياه البحر دون حاجة إلى تدخل مواد إشعاعية خطرة. وتنبني هذه العملية على نظرية عملية ورائعة، ولكن المشكلة أنها في التطبيق تستلزم حرارة أولية شديدة الارتفاع مثل تلك الحرارة المتولدة عن الانفجار النووي، وذلك للبدء في التفاعل. وأُجريت محاولات لتوليد هذا النوع من الحرارة داخل وسط محكم الغلق وخاضع للسيطرة، إلا أنها لا تزال حتى الآن مخيبة للآمال. ويبدو أن الاتجاه الأكثر إرواء للأمل في التطوير هو ذلك الذي يعتمد على توليد بلازما للجُزَيئات الذرية محصورة داخل أنبوب في شكل كعكة بفعل مجالات مغناطيسية تَحُول دونها والتَّماس مع أي سطح صلب. بيد أن علماء الفيزياء، وحتى أكثرهم تفاؤلًا، يعربون عن تنبؤ حَذِر بشأن إمكان هذه التجارب في الوصول إلى نتيجة عملية صالحة للتطبيق قبل فترة غير قصيرة من القرن الحادي والعشرين.

ويبدو في ضوء ما سبق أن المرجح هو أن تستمر السيادة لمصادر الطاقة التي هيمنت على التكنولوجيا طوال القرن الحالي، ونعني بها الكهرباء المتولدة ميكانيكيًّا من المولدات التوربينية للتيار المتناوب، ومن المحركات داخلية الاحتراق بمختلف أشكالها. ولكنها، مع هذا، رهن الوقود الأحفوري الذي يتضاءل الرصيد المتاح منه، فضلًا عما يسببه من تلوث في الجو بلغ مستوًى غير مقبول. ويبدو أن مصادر الطاقة البديلة غير قادرة الآن على إنتاج أي شيء نعتبره طاقة كافية تلبي حالة الجوع الشديد لدى المجتمعات الصناعية الحديثة لهذا المكوِّن الحيوي لرخائها. وتلوح بوضوح آفاق لزيادة إنتاج الطاقة من مصادر طبيعية، مثل الرياح وحركات المد والجزر والمياه. وقد يتهيأ إمكان إنتاج طاقة من هذه المصادر أكثر فعالية مما كانت عليه الحال بالنسبة لطواحين الهواء والمنشآت التي تعمل بطاقة مستمدة من المياه، وازدهرت على مدى القرن الثامن عشر.

وثمة مجال أيضًا يبشر بزيادة كبيرة في استخدام الطاقة الشمسية، سواء على هيئة التزود بالحرارة مباشرة من الشمس، أو في صورة طاقة من خلايا شمسية. وربما تعود الحياة من جديد إلى المحركات الأساسية التي كان مصيرها الإهمال، مثل المحرك الذي يدار بالهواء الساخن، أو تلك المحركات التي أصبحت بالية الطراز، مثل المحرك البخاري الترددي. وسبب هذا الاحتمال أن هذين المحركين وإن كانا محركين حراريين إلا أن أثرهما

في تلوث الجو أقل ضررًا من التلوث الناجم عن المحرك داخلي الاحتراق، ولكن يبدو أن أيًّا من هذه المصادر البديلة للطاقة لن يكون متاحًا بصورة كافية قريبًا بحيث يجنبنا الوقوع في أزمة الطاقة التي بدأت تلوح في الأفق، وتنذر الحضارة الصناعية بأنها على الأبواب مع نهاية القرن العشرين. سواء أكانت هذه الطريق أم غيرها فإن الشيء المحتمل هو أن حالة الاستقرار النسبي لتكنولوجيا الطاقة التي حظي بها العالم على مدى القرن الحالي لا يمكن أن تدوم طويلًا.

الجزء الثالث

استخدامات الطاقة

الفصل الخامس

ظهور المصنع

من أهم القسمات المميزة للعالم الحديث قدرة المجتمعات البشرية على زيادة إنتاجيتها، وزيادة نسب السلع المنتجة قياسًا إلى الحجم الكلي للسكان. ويمكن القول بالمعنى الحرفي والمجازي على السواء إن هذه المجتمعات اكتشفت الطريقة التي تجعل ورقتَي عشب تنموان، بعد أن كانت ورقة واحدة فقط هي التي تنمو قبل ذلك، بما يعني أنها ضاعفت بصورة هائلة إجمالي ثروة المجتمع. ولا يتضمن هذا أي إشارة إلى جانب العدالة أو الإنصاف في توزيع الثروة بين أبناء المجتمع، وإنما لا يعدو كونه معالجة إجمالية عامة للواقع المحوري للحياة الحديثة؛ إننا أنجزنا معدلات إنتاج متزايدة من الطعام وغيره من السلع المادية، والتي جاوزت — حتى الآن في الأقل — مجرد مواكبة معدل النمو السكاني. ويتمثل جوهر هذا الإنجاز في توافر سيل من الأدوات التقنية نابع من المصادر الجديدة للطاقة التي تميزت بها الماكينات وتجهيزات الإنتاج الضخم. ويعبر هذا بمعنًى إيجابي للغاية عن إنجاز ثورة تكنولوجية.

ويعتبر الغذاء أهم السلع الاستهلاكية قاطبة، والسبب واضح وأساسي، وهو أن المجتمعات من دونه تفقد حيويتها وتهلك جوعًا، ولهذا اعتاد الناس عن حق وصف الخطوات الأولى لتسريع عمليات إنتاج الغذاء بأنها «الثورة الزراعية». هذا على الرغم من أنه لا يكون ذا قيمة ذاتية أو معنًى إلا حين يتم داخل إطار أوسع من عملية التصنيع حيث لا يمثل الغذاء سوى جزء، بيد أنه جزء حاسم. وأصبح مألوفًا النظر إلى مجمل عملية التصنيع باعتبارها «ثورة صناعية»، ولكن ثمة كثير من المشكلات العملية والمفاهيمية بشأن هذا المصطلح، خاصة إذا ما طبقناه بدقة وصراحة، إما على الزمن أو على فترة بذاتها أو على المكان، إذ إنه هنا يحتفظ بقدر من الفائدة العامة من حيث كونه وصفًا لمجمل العملية الجارية، والتي تعنينا هنا في مجال التحول الصناعي.

والجدير ملاحظته أن الثورة الزراعية التي بدأت في غرب أوروبا خلال القرن الثامن عشر كانت في المحل الأول تحولًا سياسيًّا أو إداريًّا قبل أن تكون مَجلًى لتميز الابتكار الثقافي. لقد حفز إليها قصور الأنماط التقليدية من الحيازة العقارية والتنظيم الزراعي، وعجز هذا الوضع عن الاستجابة للتحدي الذي تفترضه السوق المتنامية، فالمعروف أن الزراعة المكشوفة، والمجتمع القائم على أشكال القِنانة قد أوفت جميعها بالحاجات المادية لسكان أوروبا ابتداء من عصر المستوطنات التيوتونية في القرنين الخامس والسادس الميلاديين، بيد أنها أضحت عاجزة عن الوفاء بالحاجات المتزايدة للاقتصاد «الميركانتيلي» أو التجاري المتوسع باطراد في القرنين السابع عشر والثامن عشر. وحدث التغير على وجهين؛ إما تغير تدريجي بنائي عن طريق تطويق الأراضي الزراعية وهجرة السكان إلى الحضر حيث المدن المتزايدة، على نحو ما جرى في بريطانيا، أو تغير فجائي عاصف على نحو ما حدث في الثورة الفرنسية التي قامت بإعادة توزيع شامل للأراضي على المزارعين.

وأُلغيت القِنانة من أماكن أخرى في أوروبا بمعدل ثابت ومطرد لتحل محلها أشكال أخرى من التنظيم الزراعي أكثر توجهًا نحو قطاع الأعمال. ولم يكد هذا الشكل من التنظيم يأخذ سبيله إلى التطبيق في بريطانيا أولًا، ثم بعد ذلك، وعلى نحو تدريجي، في باقي أنحاء أوروبا، حتى أصبح بالإمكان إدخال تكنولوجيات جديدة في مجال الزراعة. واتصفت الابتكارات التقنية أول الأمر بالبساطة، إذ بدأت في صورة تحسينات على المحراث والمعدات الأساسية، ولكن حدثت بعض الابتكارات المهمة في مجالَي آلات البِذار والدِّراس. وظل المجال محدودًا فيما يتعلق بالوصول إلى مصادر جديدة للطاقة حتى القرن التاسع عشر، وقتما بدأت جهود صادقة العزم من أجل استخدام المحركات البخارية في المزارع البريطانية، ونجحت هذه المحركات بوجه خاص في المزارع الكبيرة حيث الأراضي الإنجليزية المنخفضة، مثل أراضي نورفولك، إذ أمكن الوصول بماكينات الحرث البخارية إلى درجة الكمال هناك؛ ذلك أن هذه الأراضي كانت تستلزم محركًا بخاريًّا للعمل في حراثة الحقول. ونظرًا لكبر حجم الماكينة وثقل وزنها فقد كان من المستحيل نقلها فوق عربة عبر الحقل، لهذا كان ضروريًّا إنشاء قواعد يمكن استخدامها لجر المحراث منها عبر الحقل بواسطة سلك من الصلب. وبدا هذا النظام مثيرًا للملل، وإن عمل على نحو جيد في الحقول الواسعة، واستخدمته أنحاء كثيرة في غرب أوروبا حتى نهاية القرن التاسع عشر. وأُجريت آنذاك بعض التجارب على عدد من أشكال الملفات الكهربائية، غير أن هذه، وكذا تقنيات الحرث بالمحركات البخارية، سرعان ما انهارت أمام منافسة الجرارات «التراكتورات» التي تعمل بالمحركات داخلية الاحتراق.

وظهرت خلال المراحل الأولى من الثورة الزراعية تقنيات أخرى أهم من المكننة، خاصة ما كان يتعلق منها بتحسين المحاصيل والثروة الحيوانية، فقد تطورت طرق الدورات المحصولية في هولندا خلال القرن السابع عشر، وأمكن بفضل هذا زراعة أكثر الأراضي الصالحة للزراعة طوال العام بدلًا من زراعتها مرة واحدة كل ثلاثة أعوام. وطبقت إيست إنجليا هذه الطرق وقتما بدأ تطبيقها في أنحاء أخرى، كما دخلت زراعة محاصيل جديدة مجلوبة من العالم الجديد، مثل البطاطس. وأصبح المزارعون العاملون في المزارع المسيَّجة قادرين الآن على التحكم في تربية ماشيتهم، مما شجعهم على تجربة تنشئة أنواع جديدة من البقر والأغنام والخنازير والخيل لمواجهة الطلب المتزايد للسوق التي تتسع باطراد على أنواع مختلفة من الغذاء والصوف والخيل. واستطاع رجال من أمثال روبرت باكويل، وهو مزارع من المناطق الوسطى في إنجلترا، أن يحرز تقدمًا مذهلًا في هذه المجالات، وأثارت هذه الإنجازات انتباه المجتمع الزراعي في كل أنحاء بريطانيا، فكانوا يراقبونها باهتمام ويعمدون إلى محاكاتها، وسرعان ما انتقلت هذه التقنيات لاستخدامها في نيو إنجلند وفي غرب أوروبا.

وأصبحت المزارع النموذجية دعاية رائدة للممارسات الزراعية الجديدة في بريطانيا خلال منتصف القرن التاسع عشر، وتحولت بهذا إلى مزارع مسيَّجة بالكامل لحساب مالك أو مستأجر واحد يستخدم فريقًا قابلًا للتغيير من الأُجراء العاملين تحت إشرافه وتوجيهاته، وكانوا عادة يمتلكون بنايات تقام في الغالب بترتيب محدد حول فناء مزود بأجهزة لتوصيل المياه، ومحرك آلي متنقل يعمل بالبخار لتزويد الآلات الزراعية بحاجتها من الطاقة المحركة. واهتموا أيضًا بتصريف المياه الزائدة من الأراضي المنزرعة، وحرث التربة وتمهيدها في مواعيد منتظمة. وتوفر المروج الخضراء العشب الجاف طعامًا للحيوانات في الشتاء، كما يُجز الصوف بصورة منتظمة من ماشية المقاطعة. ويعتبر هذا النمط من المزارع نتاجًا مباشرًا للثورة الزراعية، وشاع تمامًا منذ العام ١٨٥٠م، حتى لنراه في كل أنحاء البلاد، وتميز قبل كل شيء بربحيَّته التي هي سبب نجاحه، وأفاد منه ملاك الأراضي والمستأجرون البريطانيون، إذ استطاعوا بفضله أن ينعموا بحياة هنيئة، وظلوا كذلك على أقل تقدير إلى أن ظهر منافس جديد له هو مزارع أخرى أوسع وأضخم في العالم الجديد، وبدأت منتجات هذه المزارع الجديدة من الحبوب واللحوم تصل إلى السوق البريطانية منذ الربع الأخير للقرن التاسع عشر، وكان هذا إيذانًا بنهاية عصر الرخاء لسنوات «الزراعة التقليدية التي بلغت ذروتها»، وأدى إلى الإسراع بحقبة ممتدة

من الاضطراب لاءمت خلالها المزارع البريطانية نفسها مع الوضع الجديد. وأوضح هذا الاضطراب إلى أي درجة كانت الزراعة متكاملة ومندمجة في عملية التصنيع في العالم الغربي، ولم يكن هناك على الإطلاق أي دعوة للارتداد إلى شكل أكثر بدائية في الزراعة.

ومثلما تجاوب إنتاج الغذاء لمطالب التصنيع، كذلك كانت حال صناعات التعدين والصناعات الاستخراجية، ذلك أن بعض هذه الصناعات، مثل صناعة استخراج المعادن في ساكسوني وسلوفاكيا لها تاريخ قديم جدًّا. والملاحظ أنها بحلول منتصف القرن السادس عشر كانت قد بلغت درجة من التعقد، تبرزها بوضوح دراسة عظيمة ألفها مهندس التعدين الألماني أجريكولا Agricola، الصادرة تحت عنوان De re metallica، وتشتمل الدراسة على كثير من النماذج الخشبية التفصيلية للأدوات والعمليات المستخدمة في هذه الصناعة. ونظرًا لأن الأسواق ظلت صغيرة نسبيًّا، وتحدُّ منها مشكلات المواصلات، فإن إنتاج هذه الصناعات الاستخراجية كان إلى حد كبير نشاطًا هامشيًّا للغالبية العظمى من المجتمعات البشرية. واعتاد الناس النظر إلى عمال المناجم باعتبارهم جماعات بشرية نائية أو منزوية بعيدًا، يعيشون في ظل ولاية قانونية استثنائية خاصة بظروفهم المميزة، ولكن زيادة الطلب وتحسن مرافق النقل جعلا مجتمعات التعدين وأنشطتها تندمج أكثر فأكثر في علاقاتها ببقية المجتمع الكبير، وأصبح السكان بعامة يعتمدون أكثر فأكثر على ما ينتجونه، ولكنهم أصبحوا كذلك أكثر وعيًا بما يصيب البيئة التي صنعوها من إفساد وانتهاك.

كانت هذه هي حال صناعة استخراج الفحم، وكان استخدام الفحم وقودًا واحدًا من أهم القسمات التي تميزت بها حركة التصنيع الغربية في باكر عهدها. وثمة شواهد قليلة من العصر القديم تشير إلى استخدام الفحم في الحضارتين الرومانية والصينية، ولكن يمكن القول إن الاستخراج الجاد للفحم كوقود بدأ لأغراض عملية في أواخر العصر الوسيط لأوروبا، ثم توسع النشاط كثيرًا بعد ذلك. وكانت المناجم الأولى حفريات ضحلة موجودة في مواقع تظهر فيها كميات الفحم واضحة للعيان وبكميات كبيرة على السطح، ولم يكن مجديًا — إلا في النادر — تتبع أعراق الفحم إلى الأعماق ما دام بالإمكان الحصول على كميات وفيرة منها بسهولة قرب السطح، وكان النظام المتبع في حقول الفحم الأولى هو إنشاء صفوف من «الحفر المستديرة» مقتفية أثر صفوف كتل الفحم البارزة، والاسم هنا مشتق من المساحة المقسمة إلى خطوط عرضية، ويمتد فيها العمل داخل قاع مدخل قصير للمنجم، ويودع الزائد من أنقاض حفر هذه المناجم في حلقة تحيط بفتحة مدخل

المنجم، وهكذا يتخلف عن الحفر المستديرة بعد تركها ساحة مليئة بالحفر، وأكوام الركام المستديرة.

واستخدم الفحم بكميات كبيرة أول الأمر وقودًا للأغراض المنزلية خاصة في المدن الناشئة، والتي أخذت تتزايد باطراد في شمال أوروبا بعد أن أصبح الخشب شحيحًا نسبيًّا. وبحلول القرن السادس عشر تبين أن شحن كميات كبيرة منه من حقول الفحم في تونيسيد إلى لندن عمل يحقق ربحًا وفيرًا. وكان الظن أن الفحم غير ملائم لكثير من العمليات الصناعية، مثل تنقية المعادن، نظرًا لأن مشتقاته المشوبة بالدخان تلوث الخامات المعدنية التي تُشكَّل، ولكن بدأت تظهر الخامات المعدنية التي تجري معالجتها. مثال ذلك أن الفحم أصبح وقودًا مهمًّا في صناعة الصابون والزجاج والورق والخزف، وأصبح توافر الفحم في مناطق بذاتها يُعتبر سببًا قويًّا في تطوير هذه الصناعات في أماكن استخراجه. وخير مثال على هذا تمركز صناعة الخزف البريطاني حيث توجد مصانع ستانفورد شاير للأواني الخزفية في منطقة فايف تاونز، إذ كان من بين العوامل المؤثرة وجود الفحم محليًّا، وتوافر صلصال جيد، علاوة على تطور نظام ملائم للنقل.

لهذا كان الفحم مع مستهل الثورة الصناعية قد استقر كوقود مهم، وبدأ يحل باطراد محل وقود الخشب للأغراض الصناعية والمنزلية. وأدى دخول قوة البخار إلى زيادة الحاجة إلى الفحم، لهذا أصبحت زيادة الطلب على إنتاج الفحم أحد أهم المؤشرات الدالة على زيادة التصنيع. معنى هذا أن تقنيات التعدين الباكرة التي تتسم بالبساطة أضحت قاصرة عن مواكبة الطلب المتصاعد، ومن ثم بدأ البحث عن موارد جديدة من الفحم علاوة على استنفاد الموارد القائمة. واتجه البحث إلى حفر مداخل المناجم إلى أعماق أبعد غورًا بحثًا عن أعراق فحم ذات قيمة عملية. وساعد المحرك البخاري كثيرًا في هذا الصدد، إذ أمكن بفضله ضخ الماء الزائد على الحاجة لتصفيته خارج المناجم. وكانت المشكلة هي أن مداخل المناجم بدت أشبه بالآبار مما يستلزم النفاذ إلى سطح المياه الجوفية لتجميع المياه، والحقيقة أن التقنيات اللازمة لذلك تشبه في كثير من خصائصها تقنيات حفر الآبار، لهذا كان عدم توافر مضخة ذات كفاءة من شأنه أن يحد للغاية من القدرة على استخراج الفحم. والعكس صحيح، إذ إن توافر مضخة تعمل بالبخار وتضخ الماء باستمرار يجعل بالإمكان حفر مداخل المناجم إلى أعماق لم تكن تخطر بالبال قبل ذلك، ومن ثم استخلاص كميات كبيرة جدًّا من منجم واحد للفحم.

وكانت هناك عوائق تقنية أخرى تعوق استخراج الفحم من المنجم تشبه عائق الماء الزائد، مثال ذلك طرق تقطيع الفحم التي ظلت بدائية بصورة مذهلة حتى مطلع

القرن العشرين، إذ كان الاعتماد الأساسي حتى هذا الوقت على قدرة عضلات الإنسان على استخدام المعول والجاروف. كذلك كان نقل الفحم وتلف الأنفاق مشكلة مستمرة إلى أن أصبح بالإمكان استخدام جرارات ميكانيكية وسيور الناقلات، وهو ما أُنجز — كما نلاحظ للمرة الثانية — في مطلع القرن العشرين. ونذكر علاوة على هذا رفع الفحم إلى سطح الأرض، وكذلك نقل عمال المنجم بأمان من وإلى منطقة العمل، إذ اعتمد هذا كله على بداية استخدام السلك الصلب لمحركات الرفع في منتصف القرن التاسع عشر. ولكن ظلت حتى ذلك الحين أشد العقبات في مناجم الفحم هي العقبة الناشئة عن احتمالات حدوث انفجارات قاتلة بسبب غاز الفحم، وكذا الغبار الناجم عن عملية استخراج الفحم، والذي يحدُّ بصورة خطرة من إمكان الإضاءة لعمال المناجم في وقت لا يجدون فيه من سبيل للإضاءة الصناعية إلا عن طريق إحراق الودك (الشحم الحيواني) والشموع. ومن هنا جاء الاهتمام الشديد باستحداث مصباح آمن يمكن عن طريقه عزل الفتيلة المشتعلة عن الاتصال المباشر بالبيئة المحيطة القابلة للانفجار. ويُعزى التقدم في هذا الصدد لكل من سير همفري دافي وجورج ستيفنسون، والذي كان دون ريب نعمة حظيت بها صناعة التعدين ابتداء من عشرينيات القرن التاسع عشر وما بعد ذلك.

ولكن هل ينبغي النظر إلى هذه التطورات التقنية وإلى غيرها باعتبارها مظاهر نعمة أم لا بالنسبة لعمال المناجم أنفسهم؟ الإجابة عن السؤال أشد صعوبة. لقد نمت وتزايدت مجتمعات مناجم الفحم سريعًا للزيادة الهائلة في الطلب على الفحم، واستمرت هذه الزيادة طوال القرن التاسع عشر حتى بلغت ذروتها قرابة العام ١٩١٤م. وتألفت هذه المجتمعات أساسًا من عمال زراعيين مطرودين، ومن جماعات أخرى من المهاجرين، ولهذا كانت هذه المجتمعات تفتقر إلى تقاليد الاستقلال التي اكتسبها عمال مناجم التعدين على مدى قرون طويلة، واعتادوا العيش في مساكن فقيرة، معزولة في الغالب عن المجتمعات الأخرى، ومحرومة من الكثير من أسباب الراحة التي تعرفها المدينة المنظمة تنظيمًا جيدًا. وواضح من ظروف العمالة التي يخضعون لها في ظل نظام رأسمالي غير مقيد أنهم كانوا عادة يتقاضون أجورًا هزيلة، وفريسة للاستغلال. ويكفي القول إنه كان مقبولًا عمل النساء والأطفال في المناجم، إلى أن صدر تشريع يقضي بتدخل السلطات الحاكمة وحظر مثل هذه الممارسات في منتصف القرن التاسع عشر. ولقد كان العمل شاقًّا وقذرًا وخطرًا ومحفوفًا بين حين وآخر بأحداث مروعة. وزادت احتمالات هذه الحوادث والأخطار مع التحسينات التقنية التي ضاعفت من كثافة عمليات استخراج الفحم دون أن يقابل هذا

اهتمام بأمن ورفاه العمال. ولا ريب في أن الزيادة الهائلة في إنتاج الفحم كانت واحدة من أهم وأبرز مظاهر عملية التصنيع في شمولها. ولكن إذا نظرنا إلى الأمر من وجهة نظر أولئك المعنيين أكثر من غيرهم بإنتاج الفحم — أعني العمال العاملين في هذه الصناعة — فإننا نقول إن أحدًا منهم لم يكن يشعر بالمنافع العائدة من هذا النجاح.

والملاحظ أن الصناعات التقليدية لاستخراج المعادن لم تقدم سوى إسهام مباشر ضئيل جدًّا لصناعة استخراج الفحم، بل وتوارت في ظل صناعة استخراج الفحم خلال القرنين الثامن عشر والتاسع عشر، بيد أنها ظلت مهمة بصورة حاسمة للعديد من الاقتصادات الإقليمية، كما أن المواد الخام التي تنتجها — مثل القصدير والنحاس والرصاص والزرنيخ وغيرها بما في ذلك الذهب والفضة — أسهمت إسهامًا مهمًّا في عمليات التصنيع. ونظرًا لأن هذه المعادن مرتبطة أساسًا بصخور أقدم وأصلب من معايير الفحم، فقد كانت تُستخرج عادة من مناطق المرتفعات النائية عن مراكز التجمع السكاني. ونجد أصدق مثال على هذا في بريطانيا في مناجم كورنوول وديفون للقصدير والنحاس. وثمة تشريع خاص صادر بشأن مناطق استخراج القصدير من محاكم العصر الوسيط يدعم عزلها عن المجتمعات الأخرى. وها هنا، على عكس الأمر بالنسبة لمناجم الفحم، قُلدت وطُورت تقنيات الزراعة بما في ذلك العمليات التفصيلية لطحن خام المعادن وتنقيته لاستخلاص أكبر كمية ممكنة من المعدن النقي. وباستثناء مشكلة التخلص من المياه الزائدة، والتي حلتها الصناعة بفضل المحرك الكورنوولي البخاري الذي ذاع استعماله في كل مكان، فإن مشكلات استخراج المعادن كانت مختلفة عن مشكلات استخراج الفحم. ونذكر بوجه خاص أنه لم يكن هناك من يقلقه أمر الغازات المتفجرة، ولكن التعامل مع الصخور الصلبة كان أشد صعوبة بالمقارنة بصخور حقول الفحم اللينة الهشة، وأدى هذا إلى استحداث نظم ثقب الصخور، والتي بلغت ذروتها في طريقة الثقب بقوة الهواء المضغوط بواسطة ضاغط (كومبرسور) مركزي، وكذا استخدام المتفجرات على نطاق واسع لحلحلة الصخور. ولكن إذا ما نظرنا إلى الأمر من وجهة نظر اجتماعية نقول إن عمال المناجم العاملين في مناجم الصخور الصلبة كانوا أفضل حالًا بنسبة صغيرة من عمال مناجم الفحم خلال القرنين الثامن عشر والتاسع عشر. ونظرًا لأنهم كانوا بوجه عام يعملون في مناطق نائية فقد كان لهم نصيب من فقر بيئة العمل التي يعملون فيها.

وكان الحديد هو المعدن الأهم في الثورة الصناعية. ويوجد خام الحديد في مناطق واسعة، في الصخور الصلبة واللينة على الرغم من أنه حتمًا آخر المعادن التي أمكن

تشغيلها وتشكيلها بصورة شاملة. وغالبًا ما كان البحث عنه يتم باستخدام تقنيات التعدين السطحي على نحو ما يحدث في حقول اللورين. ولكن أضخم التغيرات التي طرأت على صناعة الحديد — باستثناء الزيادة الهائلة في مستوى العمليات — إنما تمثلت في عمليات معالجة الخام لاستخلاص الحديد، وكذا في طرق معالجة المعادن بعد ذلك لإنتاج الحديد والصلب. وكانت العملية التقليدية «المباشرة» لإنتاج حديد مطروق أو مُطوَّع تتم عن طريق فرن صغير يوقد بالفحم الحجري ويُعرف باسم فرن تطويع الحديد. وانتقل هذا الفرن إلى أوروبا في أواخر العصر الوسيط مع إدخال فرن الصهر العالي، وهو بناء حجري تظل به درجة الحرارة عالية لمدة شهور دون انقطاع داخل فرن الفحم الحجري المشتعل، عن طريق استخدام منفاخ يعمل بقوة الماء، ثم يُستخلص الحديد من داخله مصهورًا لإنتاج كتل من حديد الزهر. وهذا نوع من المعدن يتصف بالصلابة ولكنه هشٌّ سهل الكسر، ومن ثم يستلزم معالجة أخرى لمزيد من التنقية لتحويله إلى حديد مُطوَّع. وتعرف هذه الطريقة الأخرى بالعملية «غير المباشرة» بالمقارنة مع الحديد المطروق الذي يُنتج مباشرةً من فرن تطويع الحديد الصغير.

وشهدت الثورة الصناعية سلسلة التغيرات المهمة التالية، وارتبطت هذه التغيرات بالتحول إلى أنواع وقود الفحم. وبدأ إنتاج الحديد أول مرة من فرن صهر يعمل بالفحم الكوك على يد «إبراهام دربي» رئيس ورشة لصهر الحديد في كولبروك ديل العام ١٧٠٩م، إذ مع التوسع في الطلب على الحديد خلال القرن الثامن عشر انضم آخرون من منظمي الأعمال إلى عملية البحث عن فحم جيد من نوع الكوك لكي يتخذوه نموذجًا يعملون مثله. واستمر استخدام الفحم الحجري في بعض أفران الصهر النائية في أوروبا وأمريكا الشمالية، ولكن بحلول منتصف القرن التاسع عشر تم التحول بالكامل إلى فحم الكوك. ونظرًا للصفات الجيدة لفحم الكوك أصبح بالإمكان إقامة أفران صهر أكبر حجمًا، كما أمكن تطبيق نظام دفعة الهواء الساخن مسبقًا «فرن تسخين الهبوب» مما زاد من إنتاجية وكفاءة الصناعة. كذلك فإن الانتقال إلى أنواع وقود الفحم أدى إلى نقل أفران الصهر العالية حرفيًّا من مناطق الأدغال إلى مناطق حقول الفحم، حيث تجد دعمًا بفضل السوق الكبيرة وقوة العمل علاوة على قربها من الصناعات الأخرى. وأصبح الحديد، خاصة الحديد الزهر، متاحًا في كل أنحاء العالم لاستخدامه على نطاق واسع في أغراض البناء والتشييد، مثل الطواحين والجسور المقاومة للاحتراق، وكذلك لأغراض منزلية، مثل أدوات الطبخ. ولا ريب في أن توافر الحديد الزهر بسهولة ويسر وبسعر زهيد كان من أهم المظاهر المميزة لحركة التصنيع السريعة في القرن التاسع عشر.

وفي هذه الأثناء كانت عمليات المعالجة الأخرى للحديد والصلب تتحول لمواجهة الطلب الزائد من السوق. وأصبح بالإمكان إعادة تسخين وتنقية الحديد الزهر عن طريق «التسويط» (بمعنى تحريك الحديد المصهور مع خَبَث مُؤكسَد لجعله سهل التشكيل)، وذلك لإنتاج حديد مطروق أو مُطوَّع. ويسَّر هذا زيادة كميات المادة ذات النوعية الجيدة لصناعة الحواجز والقضبان والألواح والأسلاك. وأصبح بالإمكان (بفضل عمليات جديدة اخترعها «هنري كورت» وحصل على براءة اختراعها في ثمانينيات القرن الثامن عشر) استخدام أنواع وقود الفحم لعمليات التسويط داخل فرن عاكس، حيث تمر الغازات الساخنة في داخله فوق — وليس خلال — الحشوة. معنى هذا أنه أصبح بالإمكان نقل أجهزة التنقية، مثل أفران الصهر العالية، إلى مناطق حقول الفحم، ونجحت عملية هنتسمان Huntsman's Process في صناعة فولاذ البواتق عن طريق عمل الأشابة أو الخليط من الحديد والكربون، بعد خلطهما بنسب محسوبة بدقة، وحفظه داخل أوانٍ من الخزف، وكان معنى هذا أن أصبح بالإمكان صناعة هذا الفولاذ في فرن يعمل بالفحم، وأمكن بالمثل في منتصف القرن الثامن عشر ملاءمة عملية السمنتة أي كربنة الفولاذ لتقسية القضبان باستخدام الفحم الحجري لإنتاج فولاذ منقط، ولم تكن هذه بعد عمليات كبيرة الحجم لإنتاج الفولاذ بوفرة، ولكن الفولاذ بدأ على الأقل يتوافر على نطاق واسع لاستخدامه في صناعة أجزاء الماكينات ولأغراض أخرى تستلزم مواصفات خاصة من الصلابة والاحتمال طويل الأمد. علاوة على هذا فإن هذه العملية، شأن العمليات الأخرى الخاصة بالحديد، عززت الانتقال إلى مناطق حقول الفحم بكل ما ترتب على هذا من زيادة في الطلب والإنتاجية. وهكذا فإنه مع منتصف القرن التاسع عشر بدأت تترسخ صناعة قوية للحديد والصلب معتمدة على وقود الفحم، وأصبحت هذه الصناعة قوة فعالة في التحول الاقتصادي في أوروبا؛ في منطقة الرور في ألمانيا، ومنطقة لو كروسو في فرنسا، وحول منطقة لييج في بلجيكا، وانتشر بخاصة في بريطانيا، في مناطق الوسط وجنوب يوركشاير وجنوب ويلز ولانكشاير. وبدأ إنتاج كميات هائلة من سلع الحديد من كل الأنواع والأنماط التي يمكن تصورها. وإن القصر البلوري؛ هذا الصرح الفاخر الذي صنعته بريطانيا العام ١٨١٥م من الحديد والزجاج ليكون معرضًا ضخمًا تحج إليه أفواج من العالم، يُعتبر رمزًا معبرًا تمامًا عن عمليات التصنيع والتكنولوجيا التي جعلت ثورة التصنيع الحديثة أمرًا ممكنًا.

وتجلت بوضوح خلال هذه الفترة في صناعات إنتاجية أخرى روح الابتكار النشطة التي أنعشت صناعات الحديد والصلب. ولدينا بالفعل السبب الذي يدعونا إلى ملاحظة

التطورات في صناعات الزجاج والخزف، وكانت هاتان الصناعتان تمثلان مدًى واسعًا من العمليات التي كان فيها للتفاعلات الكيميائية دور حيوي. وجاءت جميعها استجابةً لطلب متزايد من السوق، واستجابةً لفرص مهيأة لمنتجات جديدة. والملاحظ أن بعض هذه الصناعات، شأن صناعة الآنية، هي صناعة قديمة جدًّا، وشهدت تقنياتها الأساسية تطورات ضئيلة، ونجد في هذه الحالة تشكيل الصلصال على دولاب دوار بعد اختباره بحذر ودقة، وصناعة مزيج جيد منه، ثم حرقها في الأفران. وهناك صناعات أخرى، مثل صناعة الزجاج التي حققت مستوًى رفيعًا من المهارة التكنولوجية في «البندقية» وانتشرت من هناك إلى مختلف أنحاء أوروبا، واستؤنفت هذه الصناعة من جديد في إطار الحضارة الغربية في أواخر العصور الوسطى. ونذكر أيضًا صناعات أخرى، مثل صناعات البارود والورق والنحاس الأصفر (وهو خليط من النحاس الأحمر والزنك). والمعروف عن يقين أن غالبية هذه الصناعات دخلت من الصين إلى أوروبا في العصر الوسيط وإن ظلت خطوط النقل التكنولوجي مجهولة لنا حتى الآن. والشيء المؤكد تمامًا أن الخزف عالي الجودة هو ابتكار صيني، وعرفت أوروبا كيف تنتجه بعد عمليات محاكاة تتسم بالدأب والمثابرة لعينات من الخزف الصيني، ويرجع الفضل في هذا إلى عدد من الحرفيين الغربيين الذين نجحوا في مهمتهم أولًا في «درسدن»، ثم بعد ذلك في بريطانيا، حيث حقق وليام كوك أول نجاح له في هذا الصدد خلال ستينيات القرن الثامن عشر، إذ استطاع كوك عن طريق استخدام الطَّفل الصيني المعروف باسم «الكاولين» وإحراقه في درجات حرارة عالية أن يحدث التحول الكيميائي اللازم لكي ينتج خزفًا نصف شفاف.

وتتسم جميع هذه العمليات، بدرجة ما، بأنها ذات طبيعة كيميائية، وتعبر عن ثقة تتزايد باطراد في قدرة الصناعة على إحداث تحولات كيميائية معقدة ومعالجتها، وحفزتها أيضًا عمليات التصنيع خلال القرن الثامن عشر مما أدى إلى زيادة حجمها زيادة موضوعية خاصة في بريطانيا التي كانت مجالًا واعدًا بأعظم الجزاء لكل تجديدات ممكنة في مجال تنظيم المشروعات. علاوة على هذا إن بريطانيا كانت لها وقتذاك الريادة في تطوير حجم هائل من الصناعة الكيميائية، وإنتاج كميات كبيرة من الأحماض والقلويات لاستخدامها في صناعات أخرى، وأُنتجت هذه المواد آنذاك بكميات صغيرة فقط لاستعمالها في أغراض المعامل الخاصة عادةً بالصيادلة والصباغين. ولكن في منتصف القرن الثامن عشر حصل رجل الصناعة الاسكتلندي جون رويبوك على براءة اختراع العملية المعروفة باسم «طريقة القيعان الرصاصية»، المستخدمة في تحضير حامض الكبريتيك على نطاق

كبير. والمعروف أن هذا الحامض له استخدامات كثيرة من بينها إنتاج كربونات الصوديوم، وهو القلوي المفضل لصناعة الصابون. وابتكر العالم الفرنسي لو بلانك عملية لإنتاج الصودا بكميات كبيرة، ولكن جهوده لتطوير العملية في فرنسا أحبطتها الثورة الفرنسية، ولهذا شرع في تطوير اختراعه في بريطانيا حيث أصبحت له جذور راسخة هناك، وهذه عملية ضارة؛ إذ تنتج كميات كبيرة من العوادم الضارة بالصحة وبالطبيعة، ولهذا اقترنت الصناعات الكيميائية الثقيلة بإتلاف مساحات واسعة من المناطق، إلى أن فُرضت قيود على مثل هذه الأنشطة.

وأدى التطور السريع لصناعة المنسوجات في إنجلترا إلى زيادة الطلب على الكيماويات بكميات كبيرة، وأضحت صناعة الأقمشة الصوفية هي قلعة الرخاء الصناعي والتجاري في بريطانيا منذ العصر الوسيط، واستخدمت هذه الصناعة المواد الكيميائية من أجل تنظيف وتبييض وصبغ الألياف الصوفية، علاوة على احتياجات أخرى، وكانت أغلب هذه الكيماويات هي مواد كيماوية طبيعية، من بينها البول البشري، والشب، والأصباغ النباتية. ولم يألُ المسئولون عن الصناعة جهدًا لمواكبة النمو المتسارع في صناعة الأقمشة الصوفية وتطوير وتوفير الكيماويات اللازمة، غير أن زيادة إنتاج المنسوجات الأخرى، مثل الحرير والأقمشة القطنية والكتانية أدت إلى زيادة الضغط على المصادر الطبيعية للكيماويات، مما ساعد على تشجيع التوسع في تلك الصناعة. والجدير ملاحظته أن شيوع وانتشار أحدث هذه المنسوجات، ألا وهي المنسوجات القطنية، أثار مشكلات خاصة تتعلق بالابتكار والملاءمة في بريطانيا خلال القرن الثامن عشر، ذلك أن القطن نبات شبه استوائي، وتم استيراده للأسواق البريطانية نتيجة لازدهار التجارة مع بلدان الشرق الأوسط، ومن بينها مصر، وهي موطن زراعته. وطَبَعي أن التحقق من إمكان استخدامه لإنتاج ألياف رفيعة دقيقة وقوية الاحتمال، وملائمة لاستعمالات عامة ومحلية واسعة النطاق للغاية، كل هذا ساعد على النهوض السريع بصناعة المنسوجات القطنية، وأضحت هذه الصناعة من أهم وأنجح الصناعات خلال القرن الثامن عشر حتى أصبحت سمة مميزة للثورة الصناعية، لذلك نجد أن أجيالًا متعاقبة من الكتب الدراسية تعرض هذه العملية باعتبارها بداية لمتتالية من الابتكارات الميكانيكية التي حولت صناعة السلع القطنية من صناعة محلية إلى سلسلة كبيرة ومتكاملة من العمليات الإنتاجية التي تقوم بها مصانع عدة. وتشير الكتب الدراسية إلى أن هذا كله بدأ في منتصف القرن الثامن عشر عندما ابتكر جيمس هارجريفس دولاب الغزل الذي يسَّر على العامل غزل خيوط كثيرة في وقت واحد. واخترع ريتشارد آركرايت «إطار الغزل»، وهو آلة لسحب ولَي ألياف الخيط ولفها في لفافات حول

عمود، كما اخترع صمويل كرومتون المغزل الآلي. وساعد هذا على «مكننة» عملية الغزل مع استخدام قوة المياه أو البخار كقوة محركة.

وتمثل أهم حافز لتسارع عملية الغزل في واقع أن هذه الصناعة كانت تستلزم تشغيل أكثر من اثني عشر مغزلًا من أجل توفير حاجة نساج واحد لكي يواصل عمله. معنى هذا أنه كان هناك ما يشبه عنق الزجاجة في مجال صناعة الغزل، ولكن نجاح آلات الغزل الجديدة أدى إلى أن انتقل عنق الزجاجة في مجال الإنتاج إلى صناعة النسج والتشطيب، بحيث أصبحت هاتان الصناعتان تعانيان ضغطًا يحفز إلى تصنيعهما. ونذكر بداية أنه في ثلاثينيات القرن الثامن عشر ظهر اختراع المكوك الطائر أو السريع الذي اخترعه جون كاي، ولكنه سرعان ما توارى عن الأنظار نظرًا لأن النساجين لم يكونوا آنذاك بحاجة إلى تسريع إنتاجهم، ولكنهم عادوا إليه الآن بعد أن ظهرت الحاجة إليه، وشرعوا في استخدامه أول الأمر. وأمكن توفير وسائل آلية لدفع المكوك إلى الحركة وسط النول، وبذلك استطاع النساجون الإفادة باختراع كاي الجديد للعمل بسرعة أكبر. وظهر النول الآلي الذي اخترعه إدموند كارترايت الذي أغنى الصناعة عن الحاجة إلى أن يعمل فرد من النساجين على كل نول. وأمكن بذلك استخدام بطارية أو مجموعة من الأنوال وتشغيلها بقوة الماء أو البخار. وفي أثناء ذلك أُدخلت الماكينات لتجهيز القطن الخام لأغراض الغزل، ولطباعة أنماط ملونة لتكون خيوطًا جاهزة حسب الطلب للتصنيع. وهكذا أضحت عملية صناعة القطن برمتها صناعة آلية بعد إزالة جميع الاختناقات والعقبات على مدى عمليات الإنتاج.

وتقدم لنا عمليات التحول في صناعة الأقمشة القطنية في بريطانيا فيما بين خمسينيات القرن الثامن عشر وثلاثينيات القرن التاسع عشر؛ صورة واضحة وبارزة عن توالي الاختناقات، ذلك لأنها توضح كيف أن عملية التحديد في مجال تنظيم المشروعات، إذا ما توافرت الظروف الملائمة، سوف تنتقل من عملية إلى أخرى في محاولة لتأمين زيادة إجمال الإنتاجية. وليس ضروريًّا الإشارة إلى أن هذه العملية نادرًا ما تكون ظاهرة للعيان بهذا القدر من الوضوح أو على هذا النطاق الواسع، ذلك لأن عوامل كثيرة خاصة بقوة الاستمرار الصناعي (القصور الذاتي الصناعي) أو التدخل الاجتماعي – السياسي، يمكن أن تفسدها بسهولة، ناهيك عن افتقار المشتغلين في هذا المجال لعنصر المبادرة. ولكن نظرًا لأن صناعة المنسوجات القطنية كانت وقتذاك صناعة جديدة تمامًا فإنها لم تواجه قيودًا أو عقبات. هذا علاوة على أن الصناعة الوليدة اجتذبت عددًا من رجال الصناعة ذوي الكفاءات المتميزة، وعلى استعداد لاقتناص فرص زيادة الإنتاج إلى أقصى طاقة.

وتمثلت النتيجة في تحول هذه الصناعة خلال جيل واحد من صناعة منزلية ذات إنتاجية صغيرة يقوم بها العمال أفرادًا مستقلين إلى صناعة داخل مصانع متمركزة في المدن، مثل لانكشير. وتحقق هذا فور انتهاء الاعتماد على الماء كقوة محركة، واستخدام البخار بدلًا منه على نطاق واسع. وظهرت في هذه المناطق صورة جديدة تمامًا للحياة؛ مصانع كبرى ذات مداخن ترتفع إلى عنان السماء تنفث دخانًا أسود، وظهرت مدن مؤلفة من بيوت ذات شرفات لعمال هذه المصانع. نعم، لم يكن منظرًا جميلًا جذابًا ولكنه تعبير عن النمو الاقتصادي والنشاط الصناعي الدينامي. وامتدح العالمون من رجال الاقتصاد هذا الوضع ورأوا فيه مصدر قوة للثروة القومية، واستهوى الكثيرين من رجالات الفن والأدب والشعر، وعبروا عن ذلك بسلسلة من الصور الفنية ابتداءً من شارلس ديكنز في روايته «الأزمة الصعبة»، وحتى المشاهد السخامية لمدينة سالفور عند لوري التي صدرت في ثلاثينيات القرن العشرين. صفوة القول أن المشهد العام هو مشهد القطن صاحب الجلالة الملك، ذلك الإنجاز الذي يتعين النظر إليه باعتباره واحدًا من أهم قسمات الثورة الصناعية البريطانية.

من أجل هذا كله نرى أن الكتب الدراسية أخطأت حين طابقت بين الثورة الصناعية وتحول صناعة القطن، إذ على الرغم من أهمية صناعة القطن، دون أي شك، فإنها لم تكن سوى جزء واحد من عملية تحول أكبر وأشمل داخل الحضارة الغربية. وسبق لنا أن أشرنا إلى آثارها بالنسبة لعدد من الصناعات الإنتاجية الرئيسية. وسوف نقول المزيد عن دلالتها الاجتماعية الضمنية. بيد أن الاكتفاء بتركيز الاهتمام على صناعة القطن وإغفال كل العوامل الأخرى يعني أن فهمنا للعملية في شمولها بعيد عن جادة الصواب، ويؤدي هذا النهج بوجه خاص إلى أن تبدو لنا عملية التصنيع كأنها أحداث مفككة عرضية، إذ يوحي بأنها بدأت بداية مفاجئة مع اختراعات الغزل في منتصف القرن الثامن عشر، وبلغت نهاية محددة مع اكتمال عملية تحول صناعة القطن في حوالي العام ١٨٣٠م، ولكن الواقع أن البداية حدثت في بيئة تأثرت تأثرًا عميقًا بالتحولات في الزراعة واستخراج الفحم والصناعة الثقيلة، وجاءت النهاية في وقت كان أثر السكك الحديدية لا يزال في أولى مراحله التي بدأت المجتمعات تشعر به، ومع بداية اكتشاف الخصائص الميكانيكية للقوى الكهربائية في إطار هذه العملية، لذلك ليس واقعيًّا مطلقًا أن نأخذ صناعة القطن على علاتها ونقتصر عليها وحدها لتحديد التأريخ الزمني للثورة الصناعية. ولعل النظرة التأريخية الصحيحة أن ننظر إلى التصنيع باعتباره عملية تحول مستمرة، وأن القطن كان عاملًا من بين عوامل أخرى كثيرة أحدثت تحولات كبرى.

هناك نقطة أخرى جديرة بالنظر لكي نضع صناعة القطن البريطانية في مجال رؤية أفضل، ونعني بها التفاعل بين التحول في الصناعة والتطورات في مجال الصناعات النسيجية الأخرى، إذ كانت صناعة الأقمشة الصوفية أعرق وأضخم من صناعة الأقمشة القطنية خلال القرن الثامن عشر. وتجلى هذا أيضًا في ضخامة حجم الاستثمارات في المباني والمعدات والقوى العاملة الماهرة، إذ كانت في مجال صناعة الصوف أكثر منها في صناعة الأقطان. وكانت هذه العوامل ذات قيمة كبيرة بالنسبة للصناعات القطنية وهي لا تزال في المهد، كما أنها تعني أن قدرًا كبيرًا من البنية التحتية اللازمة لتطور صناعة جديدة كان مكفولًا ومتوافرًا في مكان الإنتاج، بيد أنها تعني أيضًا أن القصور الذاتي للتقليد والممارسات الراسخة جعلت التجديد في مجال صناعة الصوف أصعب منه في مجال صناعة وليدة. ولكن تحت تأثير حافز التحول السريع في صناعة الأقطان تهيأت الصناعة الأقدم لمواجهة سلسلة مماثلة من التجديدات، مثال ذلك استخدام الماكينات، مثل المغزل الآلي الذي صُمم أصلًا لصناعة الأقطان. ونتيجةً لهذا شهدت صناعة الأقمشة الصوفية بفرعَيها (الخيوط القصيرة والطويلة وهذه تحتاج إلى معالجة خاصة مختلفة عن الخيوط القصيرة وأكثر تحملًا) عملية مكننة وتمركز داخل مصانع كبرى وإن كانت أقل وضوحًا مما هي عليه في الصناعة القطنية. وبالمثل اكتسبت صناعتا الحرير والكتان، ولكن على نطاق أضيق، خصائص الصناعة الآلية السائدة آنذاك. والحقيقة أن صناعة الحرير لها حق الزعم بأنها أول من أُنشئت مناطق صناعية لإنتاجها في بريطانيا، ذلك لأن الأخوين جون وتوماس لومب أقاما مصنعًا يدار بقوة الماء على ضفة نهر ديروينت في دربي العام ١٧١٧م، وبلغ طول هذا المصنع خمسمائة قدم، وارتفاعه خمسة أو ستة طوابق، ويمكن اعتباره أول مصنع يُصمم ليضم سلسلة من الماكينات التي تدار آليًّا بالقوى المحركة، وكانت الماكينات في هذه الحالة هي ماكينات لتشكيل الحرير. وهذه صناعة لها أسرارها التي حصل عليه الأخوان لومب من إيطاليا، وأقاما مصنعهما رغبةً في الاحتفاظ بابتكارهما خشية الاستراق والتقليد. وأقيمت بعد ذلك مصانع كبرى مماثلة من أجل الصناعة الكتانية، وضمت ماكينات الطرق المستخدمة آنذاك لطرق الألياف التي صُنعت بمطارق لكي تكتسب لمعانًا.

وإذا كان لنا أن نتحدث عن أي صورة اقترنت بصناعة المنسوجات الجديدة فإنها صورة المصنع، بمعنى بناية ضخمة، متعددة الطوابق، مشتملة على ماكينات تدار آليًّا بالقوى المحركة. وكانت هناك بالفعل قبل ذلك أمثلة لصناعات إنتاجية على نطاق واسع، مثل بعض عمليات استخراج المعادن وتشكيل الحديد، والتي سبق أن أشرنا إليها. مثال

ذلك أن ماثيو بولتون شيد مؤسسة ضخمة تضم مهندسين وحرفيين في برمنجهام، وجهزها بمعدات مثالية لصناعة محرك وات البخاري. وأدار وليام شامبيون مصانع ضخمة للنحاس في منتصف القرن الثامن عشر في وارملي قرب بريستول، واستخدم فيها أكثر من ألف نسمة، وربما استخدم العديد من أحواض السفن القائمة آنذاك، وربما أعدادًا أكثر من ذلك من الأيدي العاملة، ولكن المصنع كان شيئًا مختلفًا، إذ يمثل المصنع نظام المكننة أكثر مما يمثل أسلوب الصناعة اليدوية الحرفية، كما يمثل أسلوب القوى المائية والبخارية أكثر مما يمثل القوى اليدوية أو العضلية. ويمثل المصنع أولًا وقبل كل شيء بيئة منظمة ومنضبطة في إدارة العمل، ولكن العازفين عن المصنع أو الخائفين من نتائجه رأوا فيه «الشيطان الأسود»، ولكن منظمي المشروعات الذين استثمروا أموالهم في إقامة المصانع رأوا فيها ضمانًا يكفل لهم الإشراف الدقيق على تجهيزاتها باهظة الكلفة، كما تهيئ لهم فرصة الإفادة بإنتاجها إلى أقصى حد. ورأى العمال الممثلون لقوة العمل في المصانع أنها تكفل لهم سبل العيش والرزق مما يجعلهم ممتنين لها، ولكنها فرضت عليهم نظامًا يقتضي جهدًا شاقًّا متواصلًا وانحلالًا مروعًا. ولكن المصنع أصبح يمثل للجميع وسيلة لخلق الثروة، ولهذا بقي بوضعه هذا قَسَمة مميزة للتصنيع الحديث. وهكذا كان ظهور نظام المصنع وجهًا محوريًّا لعمليات الصناعة الحديثة.

عمدنا في هذه المعالجة لموضوع التصنيع حتى العام ١٨٥٠م إلى التأكيد على بريطانيا، وذلك لأسباب وجيهة؛ ذلك أن القرنين الثامن عشر والتاسع عشر كانا بعد كل شيء الفترة التي قادت فيها بريطانيا العالم في مجال تطوير العمليات الصناعية، إذ أيًّا ما كان المعنى الذي نقصده من عبارة «الثورة الصناعية» فإن هذه العبارة على وجه اليقين اكتسبت أهم خصائصها الحاسمة في بريطانيا خلال هذه الفترة. وإن الأسباب التي هيأت لبريطانيا أن تحتل موقع الصدارة والأولوية هي في الغالب الأعم أسباب ضربة حظ، إذ من المحتمل أن كان يبدأ التصنيع في مكان آخر في الغرب، إذ لولا ظروف وملابسات سياسية واجتماعية معاكسة لبدأ التصنيع في فرنسا التي كانت آنذاك أغنى بلد في أوروبا، والرائد الثقافي الغني بالمعارف، ولكن الصناعة الفرنسية عملت في ظل قيود لنظام ملكي عتيق إلى أن أطاحت به الثورة الفرنسية، ولكن الثورة ذاتها دفعت بالتصنيع الفرنسي إلى الوراء عقدين من الزمان. وهكذا أضحت بريطانيا بفضل مجتمعها المفتوح على نحو أفضل من سواها، وبفضل نطاقها التجاري الأكثر حرية، ونطاقها الصناعي، كل هذا هيأ لها الحوافز الضرورية لبناء المشروعات وتقديم الجزاء الوافي للابتكار الناجح الذي عزز عملية التسارع الحاشد لعمليات التصنيع التي نعالج موضوعها هنا.

وحثت الأقطار الأخرى في أوروبا وشمال أمريكا خطاها بغية اللحاق ببريطانيا عقب أن وضعت الحرب النابوليونية أوزارها وانتهت العام ١٨١٥م، ولكن بريطانيا كانت آنذاك قد توافرت لها موضوعية أسباب الريادة، لهذا لم تشعر إلا بعد العام ١٨٥٠م بمنافسة غرمائها، وظلت بريطانيا حتى العام ١٨٥٠م برضاء وموافقة الجميع «ورشة العالم». وانعقد في العام ١٨٥١م المعرض الكبير الذي كان بمنزلة احتفال جديد بهذا الدور المهيمن لبريطانيا في الثورة الصناعية. ولا ريب في أن الجمع بين تطور الفحم والحديد والبخار والقطن معًا صاغ صورة جديدة، حيث بدا المصنع القَسَمة الأهم والأكثر إثارة. لقد كان المصنع شاهدًا على ظهور نمط جديد للنشاط الصناعي المتآزر والواسع النطاق بما له من طاقة مذهلة لخلق الثروة.

الفصل السادس

عصر الإنتاج الكبير

تزايدت باطراد القوة الدافعة للتحول التكنولوجي لعمليات الإنتاج خلال النصف الثاني من القرن التاسع عشر، ولكن حدث تحول عميق في محور اهتمام الصناعة ومراكز تجمعها. وكانت الدوافع السياسية للتوسع هي دائمًا الأسواق المتنامية لجميع أنواع المواد الخام والسلع المصنعة، التي أدت بدورها دائمًا إلى تعزيز عمليات تطوير تقنيات الإنتاج الكبير وتوفير الكهرباء كمصدر لتوليد الطاقة المحركة. وأفضى هذا إلى أن انتشرت سريعًا عملية التصنيع بعيدًا عن مراكز الإنتاج التقليدية، وزاد نطاق الإنتاج مما أدى إلى إحداث تحولات هيكلية مهمة داخل عملية التصنيع. هذا علاوة على الحاجة إلى توافر منظمات معقدة ذات كفاءة تكون لها الإدارة والسيطرة. وشجع هذا على استحداث نظام «الإدارة العلمية»، واقتضى هذا التطور بالمقابل التقدم على المنافسين الفعليين أو المحتملين. ودفعت هذه الحاجة جميع المنظمات المذكورة نفسها إلى استثمار المزيد من الموارد في عمليات البحث والتطوير.

وبينما تميز التوسع في الإنتاج قبل العام ١٨٥٠م بخاصية ظهور نظام المصنع فإن التوسع المستمر تميز بعد ذلك بخاصية التعديلات التنظيمية، وأصبحت هي الخاصية البارزة رغبةً في الوفاء بالحاجة إلى الإنتاج الكبير. وليس معنى هذا أن تطوير المصنع لم يكن عملية ذات أهمية بعد العام ١٨٥٠م، ولا أن الإنتاج الكبير لم يكن له وجود قبل هذا التاريخ، إذ استمرت عمليات تشييد المصانع الضخمة على الرغم من أن التحول من الطاقة البخارية إلى الكهرباء أدى إلى نشوء صناعات كثيرة جدًّا في أماكن متناثرة، واقترن هذا بزيادة مطردة في استحداث وسائل النقل البرية. زد على هذا أن المصانع الحديثة أنظف كثيرًا من سابقتها التي كانت تنفث دخانًا كثيفًا وتغرق المناطق المجاورة بعادمها دون أي قيود. واتجهت المصانع الحديثة إلى أن تتألف من مبانٍ أكثر ملاءمة للظروف والزمن —

إذ أقيمت مقصورات أو سقائف خاصة من أجل الأداء الكفء للعمليات ذات الخصائص المميزة، ولضمان راحة العاملين فيها، وبحيث يمكن تعديلها أو إبدالها سريعًا — وهكذا أمكن الحد كثيرًا من أثرها في البيئة المحيطة. ولكن قد يكون صحيحًا أيضًا القول إن المصنع ظل هو الوحدة الأساسية للصناعة الإنتاجية الحديثة، وإن الشكل الأساسي له تبنته عمليات أخرى مثل الزراعة.

ويكشف هذا فيما يتعلق بموضوع الإنتاج الكبير عن الاستمرارية أكثر مما يكشف عن قطيعة بين ما كان قبل العام ١٨٥٠م، وما جاء بعده. ودون الحاجة إلى الرجوع إلى أكثر من مطلع القرن التاسع عشر نلحظ أن مجموعة الماكينات التي وضع تصميمها سير مارك برونيل، والتي رُكبت في ورش هنري مودسلاي لإنتاج كميات ضخمة من الكتل الخشبية اللازمة لأشرعة سفن الأسطول البريطاني؛ كانت بادرة واضحة استبقت تقنيات الإنتاج الكبير، إذ اشتملت على أكثر من أربعين ماكينة، لكل منها وظيفة مخصصة في تشكيل أو تجميع أجزاء معينة من كتلة خشبية واحدة. وتمثلت نتيجة هذا العمل المتضافر في زيادة ناتج الكتل المصنعة مع توفير قدر كبير من جهد العمل اللازم، وتهيأت عمليًّا جميع عناصر عملية الإنتاج الكبير الحديث فيما عدا خط التجميع المتحرك اللازم لإحداث ربط متبادل بين ماكينة وأخرى.

ولم يكد القرن ينتصف حتى حظيت الفكرة بالاهتمام وبدأ تنفيذها، ففي المعرض الكبير المنعقد العام ١٨٥١م، والذي كان يمثل من نواحٍ كثيرة مدى الإنجاز البريطاني الذي تحقق باعتبار بريطانيا «ورشة العالم» في الصناعة الإنتاجية، بات واضحًا إمكان تجميع أجزاء القصر البلوري في هايدبارك خلال فترة وجيزة بصورة مذهلة عن طريق صب قطع حديدية متماثلة المقاييس، وإنتاج كميات لم يسبق لها مثيل من ألواح الزجاج، ولكن المعرض ذاته كان ساحة لعرض الأعاجيب المذهلة للإنتاج الكبير، خاصةً في مجال الأسلحة الصغيرة والآلات الزراعية من إنتاج المصانع الأمريكية لحساب السوق المحلية والتي انتشرت داخل أنحاء القارة. وفي خلال بضعة عقود أصبحت صناعة المسدسات والبنادق وآلات الحصاد والدِّراس قَسَمة مميزة للصناعة الأمريكية. واشتهرت هذه الصناعة باسم «النظام الأمريكي»، وإن انطوت التسمية على بعض الخطأ. واشتملت على إنتاج أجزاء معيارية متماثلة المقاييس تصنع وفقًا لمبدأ إمكان إبدالها وتغييرها ببعضها، بحيث يمكن تغيير أي قطعة أصابها كسر أو عطب بقطعة أخرى بديلة في سهولة ويسر. وسرعان ما أصبح هذا النظام ذاته مطبقًا في مجال صناعة ماكينات الخياطة، والآلات الكاتبة وغير ذلك من المعدات الآلية اللازمة للاستخدام في المنزل أو المزرعة أو المكتب. وعلى الرغم من

أن الولايات المتحدة الأمريكية لم تحتكر هذا النظام، فإنه مما لا شك فيه أنها كانت الرائدة للعالم في استغلال مزايا إنتاج الجملة النسقي، وانتزعت المبادرة من بريطانيا ومن غيرها من الأمم الأوروبية في عمليات التصنيع. ومن ثم يُعتبر هذا تطورًا ذا أهمية حاسمة في تاريخ التكنولوجيا.

لم يصبح الإنتاج الكبير لقطع غيار الآلات ممكنًا إلا مع تطور العدد اللازمة للماكينات التي يمكنها أن تنتج الأجزاء اللازمة وفقًا لمعايير الدقة والموثوقية. كانت مهارات الحرفي الهندسي تعتمد تقليديًّا على أهليته وتدربه وعدده الشخصية، وثمة شهادات كثيرة على تميز هذه المهارات وروعتها بين رواد التصنيع في أوروبا وأمريكا. وكان هؤلاء الحرفيون — إذا ما توافر لهم الوقت والموارد اللازمة — قادرين على صناعة آلات معقدة، مثل المحركات والقاطرات البخارية الأولى، وعلى تشييد المصانع، بيد أن إنتاجيتهم كانت محدودة للغاية، ولم يكن بالإمكان زيادتها إلا عن طريق مكننة بعض مهاراتهم، أي الإفادة بهذه المهارات عن طريق استخدام الآلات. ويمكن أن نعبر عن هذا بكلمات أخرى فنقول إن جزءًا من المهارة في استخدام عدد وأدوات الحرفي تمثَّل في ضرورة نقل هذه المهارة إلى الآلات، واستلزم هذا بناء ماكينات لصناعة قطع غيار للآلات تكون أفضل من كل ما كان متاحًا في السابق. وكان هنري مودسلاي رائدًا في أداء هذا الدور، إذ أصدر مودسلاي على أن تكون جميع أجزاء الآلات في مصانعه مصنوعة من المعدن، وأدخل تحسينات عليها، من ذلك صناعة السنادة المنزلقة للمخرطة، وصناعة الأدوات الأساسية للماكينات من المعدن، واستطاع بذلك أن ينتج مستويات جديدة من التميز في تكرار أدوات ميكانيكية ذات مواصفات واحدة دقيقة. وتوفي مودسلاي العام ١٨٣١م، ولكن مصنعه المقام في لامبث استطاع حتى هذا التاريخ أن يفيد باعتباره قاعدة لتدريب جيل من المهندسين الميكانيكيين، من أمثال روبرتس ونارمث ويتوورث الذين واصلوا تطبيق منهج مودسلاي بنجاح كبير. واستطاع هذا الجيل صناعة عدد آلية حديثة.

وعندما بدأ الصناع الأمريكيون في تطوير إمكان لصنع أجزاء آلية يمكن إبدالها ببعضها بالكامل؛ اكتملت لديهم البنية التحتية التي تشكل الأساس اللازم لصناعة الإنتاج الكبير في صورة خط من عدد آلية متعددة الاستعمالات، وأخرى محددة الاستعمالات، مثل المخارط وماكينات الحفر، وماكينات التفريز وماكينات القشط، وماكينات لأداء عدد كبير من العمليات المخصصة الأخرى. وكان كل ما فعلوه في هذا الصدد هو تحسين وتشذيب عدد كبير من الماكينات، وذلك — كمثال — عن طريق إضافة برج دوار يهيئ إمكانًا لاختيار أدوات القطع فوق ما أصبح يُعرف باسم المخرطة البرجية. وعمدوا كذلك

إلى تطبيق هذا على نطاق واسع في مجال الصناعة النظامية لأجزاء الآلات المتخصصة والتي يمكن تجميعها أخيرًا في صورة المنتج النهائي. وجاءت الخطوة الكبرى التالية في مجال تطوير نظم الإنتاج الكبير مقترنة بتطبيق تقنيات خط التجميع والذي جسدته المنشأة الضخمة لصناعة السيارات التي أنشأها هنري فورد في ديترويت مع مطلع القرن العشرين. وطَبَعي أن مثل هذه التقنيات لا تلائم سوى السلع الاستهلاكية المنتجة بكميات كبيرة مثل السيارات، ولكنها أقل ملاءمة من حيث التطبيق بالنسبة لبناء السفن، كمثال، أو حتى بالنسبة لصناعة الطائرات. ولكن التفكير الكامن وراء مثل هذه المؤسسات المخصصة للإنتاج الكبير تضمن ما يشبه قفزة كمية في فلسفة التنظيم الصناعي، إذ اقترن بشكل وثيق بظهور الإدارة العلمية مما هيأ له، بحكم طبيعته هذه، إمكان النفاذ في مفاهيم القرن العشرين الخاصة بالصناعة الإنتاجية، واشتمل هذا التفكير على دلالات ضمنية تتعلق بجميع جوانب الثورة التكنولوجية. وسوف يكون ضروريًّا أن نتناول هذه الدلالات بتفصيل أكثر، ولكن من المفيد قبل هذا أن نستعرض عددًا من الجوانب الأخرى الخاصة بالصناعة الإنتاجية على مدى قرن ونصف منذ العام ١٨٥٠م.

لاحظنا الدور الاستراتيجي الذي لعبه الإنتاج الكبير من الحديد في الصناعة وفي المجتمع قبل العام ١٨٥٠م. والملاحظ حتى ذلك الحين أن سبائك الحديد المكربن والصلب — على الرغم من أهميتها لصناعة أجهزة القياس بالغة الدقة، والأدوات التي تستلزم حدودًا قاطعة صلبة — ظلت بديلًا باهظ الكلفة بالقياس إلى الحديد الذي كان متوافرًا بكميات قليلة نسبيًّا عن طريق الإنتاج على دفعات في عمليات البواتق أو السمنتة. وبدأ تحول في الصناعة الثقيلة للحديد والصلب العام ١٨٥٦م على يدَي هنري بسيمر بفضل اختراعه للمحول الذي يجسد طريقة لإزالة الكربون من خام الحديد المنصهر بواسطة إطلاق دفعات هواء قوية خلاله، وأدت هذه الطريقة إلى إنتاج شكل من الفولاذ الطري بكميات كبيرة لأول مرة، وواجهت هذه العمليةَ مشكلاتٌ حادة خلال السنوات الأولى، خاصةً بعد فشلها في إزالة العناصر غير المرغوب فيها من الحديد داخل المحول، ولكن أمكن إيجاد حلول لتلك المشكلات، واتجه منظمو المشروعات إلى إيجاد طرق بديلة لإنتاج الفولاذ بكميات كبيرة، ومن ثم وضعوا تصميمًا ناجحًا لأسلوب المجمرة المكشوفة، والتي يمكن التحكم فيها بدقة أكبر مما هي الحال بالنسبة لمحول بسيمر، فضلًا عن إمكان ملاءمتها بسهولة لاستخدام الحديد الخردة. وانتشرت الطريقتان مع نهاية القرن التاسع عشر وشاع استعمالهما في جميع صناعات الحديد والصلب في أوروبا وأمريكا الشمالية. وحل الصلب محل الحديد في غالبية الاستعمالات المخصصة للماكينات، علاوة على استعماله في

أغراض إنشائية كثيرة، مثل بناء السفن وخطوط السكك الحديدية. وقادت صناعة الحديد والصلب البريطانية الجهود على طريق هذا التحول، ولكن سرعان ما اقتفى أثرها رجال الصناعة في فرنسا وبلجيكا وألمانيا والولايات المتحدة. ومع حلول مطلع القرن العشرين استطاعت ألمانيا بفضل التمركز المكثف لصناعتها الثقيلة في منطقة الرور، وأمريكا بفضل ما حققته من تطورات عظيمة حول منطقة بيتسبرج وغيرها؛ أن تلحقا ببريطانيا في إنتاج الصلب، وأصبح الصلب في واقع الأمر المعدن الشائع والمهيمن في العالم الغربي.

ولكن أصبحت معادن أخرى ذات أهمية كبرى في اقتصاد المجتمعات التي يتطور نشاطها التصنيعي بسرعة كبيرة في القرن العشرين. مثال ذلك أن أصبحت للنحاس أهمية كبرى في الصناعات الهندسية الكهربائية بسبب قدرته العالية على التوصيل. وشاع استخدام القصدير في حفظ الطعام عن طريق صنع رقائق من الصلب المغطاة بطبقة من القصدير، والتي يمكن درفلتها ثم سدها بإحكام لتشكيل علبة الصفيح شائعة الاستعمال. ومع اكتشاف واستغلال مستودعات النحاس المتوافرة بسهولة في أمريكا، والقصدير في ماليزيا، والذي يمكن استخراجه عن طريق تقنيات الحفر المكشوف؛ انخفضت كثيرًا أهمية المناجم العميقة التقليدية الموجودة في كورنوول وديفون بسبب الارتفاع الكبير لكلفة استخراج المعدن منها، ولكن ظلت عمليات استخراج المعادن العميقة مهمة، خاصةً بالنسبة لاستخراج الذهب في جنوب أفريقيا وفي غيرها. واطرد الطلب العالمي على الذهب كقاعدة للعملات القومية، وأدت زيادة الطلب العالمي إلى اندفاعات عدة في حدة الطلب على الذهب في كاليفورنيا وأستراليا وجنوب أفريقيا، وضمن هذا تواصل التقنيات المستخدمة في كورنوول وديفون، ولكن مع مزيد من الصقل والتشذيب، مثل استخدام الحبل الفولاذي للرفع، وعمليات الثقب بالهواء المضغوط ومحركات الرفع بالطاقة الكهربائية وماكينات التهوية.

وجرى استغلال معادن أخرى جديدة، أهمها الألومنيوم، وعلى الرغم من انتشار هذا المعدن على نطاق واسع فإنه لم يكن بالإمكان استخراجه من خام المعدن إلا بصعوبة شديدة، وذلك قبل اكتشاف طريقة التحليل الكهربائي (الإلكتروليتية) العام ١٨٨٦م في كل من فرنسا والولايات المتحدة، وأدت هذه الطريقة إلى إنتاج هذا المعدن بكميات كبيرة وزهيدة نسبيًّا. وكانت هذه الطريقة تستهلك كميات ضخمة من الكهرباء، لذلك اتجهت المسابك الكبرى لصهر الألومنيوم إلى أن تقام بالقرب من مواقع توليد الكهرباء بكميات وفيرة، مثل جبال الألب في فرنسا ومرتفعات اسكتلندا. وشاع استخدام الألومنيوم للأغراض الميكانيكية والإنشائية، وغالبًا ما كان هذا المعدن بديلًا من الصلب حين تكون

خفة وزن المعدن نسبيًّا ميزة مطلوبة في الصناعة، مثل صناعة هياكل الطائرات وغيرها من أنواع المحركات.

واطرد التوسع في استخراج واستخدام المعادن على مدى القرن التاسع عشر، مما أثار جزعًا حقيقيًّا بشأن استنفاد المستودعات المتاحة خلال المستقبل المنظور، ولكن الملاحظ أن استخراج الفحم انخفض، وكان للفحم — كما رأينا — دور حاسم كوقود للمحركات البخارية في المراحل الباكرة من التصنيع السريع، وبلغ ذروة غير مسبوقة في بريطانيا وفي بلدان غربية أخرى وقت اندلاع الحرب العالمية الأولى، ولكن منذ ذلك الوقت نقص استخدام المحرك البخاري، وارتفع معدل استخدام المحرك داخلي الاحتراق بدلًا منه، وترتبت على هذا زيادة كبيرة في إنتاج المازوت مما أدى في النهاية إلى انكماش سوق الفحم وإلى الحد من استخراجه. واستمرت عمليات استخراج الفحم كصناعة مهمة، واستخدمت فيها — شأن عمليات استخراج المعادن الأخرى — تقنيات الكهرباء وغيرها من التقنيات الجديدة، ولكن صناعة استخراج الفحم أضحت أصغر حجمًا، وأكثر محدودية مما كانت عليه منذ ثمانين عامًا مضت، وأدى هذا إلى خفض الضغط على احتياطيات الفحم، على الأقل بالنسبة للبلدان المتقدمة. وشجع الوضع الجديد على تركيز جهود استخراج الفحم من حقول أكثر إنتاجية، وإزالة بعض الآثار الاجتماعية والمادية المتخلفة في المناطق التقليدية لاستخراجه في السابق. وتتجه مجتمعات استخراج المعدن الآن إلى أن تكون أصغر حجمًا وأضعف سياسيًّا مما كانت عليه في العقود السابقة من القرن، ولكنها كانت أيضًا أقل عزلة، وأفضل اندماجًا في الحياة العامة للمنطقة المحيطة بها.

بدأ الفحم يؤدي دورًا مهمًّا في الصناعات الكيماوية خلال النصف الثاني من القرن التاسع عشر، سواء في أشكالها التقليدية، مثل صناعة الخزف والزجاج، أو في الصناعة الكيماوية الثقيلة الجديدة لإنتاج الأحماض والقلويات بكميات كبيرة لأغراض الاستخدام الصناعي. والجدير ذكره أن الفحص العلمي لقار الفحم المتبقي كأحد متخلفات وحدات إنتاج الغاز في المدن دفع إلى تطور جديد تمامًا هو إنشاء صناعة كيميائية عضوية تنتج مجالًا واسعًا من المواد التي بشرت بتحويل كثير من جوانب الحياة والمجتمع. واهتم الأمير ألبرت بذلك، مما دفعه إلى تعيين صديق ألماني يدعى إيه دبليو فون هوفمان مديرًا مسئولًا عن الكلية الملكية للكيمياء في أربعينيات القرن التاسع عشر. وهوفمان واحد من تلامذة عالم الكيمياء الألماني العظيم فون ليبيج. واصل هوفمان في وظيفته الجديدة دراسته عن المشتقات التي يمكن الحصول عليها من قار الفحم، وحث طلابه على دراسة الفرع الجديد

من الكيمياء الذي عُرف آنذاك باسم كيمياء المركبات الكربونية أو الكيمياء العضوية. وكان من بين الدارسين طالب يُدعى دبليو إتش بيركين الذي حصل على درجة الامتياز لأنه أجرى أول تطبق عملي مهم للكيمياء العضوية عن طريق إنتاج صبغة اصطناعية. حدث هذا العام ١٨٥٧م، إذ حاول وفشل مرات إلى أن نجح في إنتاج الكينين من مركب أنيلين مشتق من قار الفحم. واكتشف عرضًا بعد محاولاته هذه أن المادة التي عزلها هي صبغة لون بنفسجي زاهٍ شديدة الفعالية، وسرعان ما تلقفتها المصانع لأغراض الصناعة. وهذه هي أول سلسلة من الأصباغ الاصطناعية التركيبية التي حلت محل كميات كبيرة من الأصباغ الطبيعية في صناعة النسيج في بريطانيا.

وبعد هذا النجاح المبدئي في بريطانيا، شهدت ألمانيا قدرًا كبيرًا من تطور صناعة الأصباغ التركيبية، وحققت الكيمياء العضوية إسهامًا مهمًّا في سبيل نهضة هذه الدولة (الأمة الجديدة) لتكون القطر الصناعي المهيمن في أوروبا حتى إنها فاقت بريطانيا في مجالات عدة قبل نهاية القرن التاسع عشر، وجرت عمليات تحليل لمادة أخرى شائعة، هي السليلوز من لب الخشب أو من مواد خضرية أخرى، وأفضى هذا إلى تطورات ثلاثة بارزة في الصناعة الكيميائية العضوية؛ المواد شديدة الانفجار، والمنسوجات الصناعية، واللدائن أو البلاستيك. أمكن صناعة المواد شديدة الانفجار من مركبات حامض النيتريك مع مادة السليلوز، وأدى هذا إلى تغير طبيعة الحرب، حتى كان من الملائم وصف الحرب العالمية الأولى بأنها حرب رجال الكيمياء. وأمكن إنتاج ألياف النسيج الاصطناعي عن طريق مركب من خليط سليلوزي مع مواد مختلفة تزيده صلابة. وأصبح هكذا بالإمكان صناعة خيوط شديدة الدقة واستعمالها باسم الرايون أو الحرير الاصطناعي. وبحلول نهاية القرن التاسع عشر بدأ تسويق هذا النوع من الحرير الاصطناعي لمصانع النسيج لخلطها عادةً بألياف طبيعية. وأخيرًا بدأ استخدام النايلون والمجموعة وثيقة الصلة من الألياف الاصطناعية. وبات معروفًا أن هذه المواد الجديدة أقوى من الألياف الطبيعية، ولها استعمالات عدة أكثر منها. وحريٌّ أن نُمايِز بين البلاستيكات الاصطناعية واللدائن الطبيعية، مثل: المطاط الذي شهد تطورًا صناعيًّا كبيرًا خلال النصف الثاني من القرن التاسع عشر. وكانت اللدائن أو المواد البلاستيكية الاصطناعية الجديدة تصنع أول الأمر من أخلاط سليلوزية عن طريق إضافة مواد تكسبها صلابة، ومع نهاية القرن استُخدم السليليويد لصناعة كرات البلياردو وياقات القمصان الرجالي وأفلام التصوير. وفي العام ١٩٠٧م أنتج الكيميائي البلجيكي إل إتش بايكلاند مادة صمغية عن طريق خليط من

الفورمالدهايد والفينول. وتبين أنه عند تسخين هذا الخليط يمكن تشكيله في صورة مادة صلبة تُعرف في السوق باسم الراتنج الصناعي أو الباكلايت، وتتميز هذه المادة بخواص عازلة رائعة مما أدى إلى شيوع استخدامها في التركيبات الكهربائية.

والجدير ذكره أن المذياع (الراديو) في أول عهد صناعته استُخدم له غطاء أو هيكل عازل من الباكلايت بهدف جذب العملاء المحليين.

بدأت الصناعة الكيميائية العضوية ببحث ودراسة مشتقات قار الفحم، ولكنها بدأت في القرن العشرين تعتمد اعتمادًا مكثفًا على منتجات صناعة النفط. والجدير ذكره أن مادة القار أو البيتومين معروفة منذ أقدم العصور كمصدر لزيت الإضاءة، ولكن في العام ١٨٥٠م فقط عرفت البشرية لأول مرة أول بئر أمكن بنجاح استخراج موارده المطمورة تحت الأرض من الزيت أو النفط الخام، وذلك في الولايات المتحدة، وهكذا بدأت تظهر إلى الوجود صناعة النفط، ولكن الحرب الأهلية الأمريكية أرجأت تطويره، ولم تبدأ المحاولات المنظمة لاستخراج المادة الجديدة بكميات كبيرة إلا بعد استقرار الأوضاع هناك، وسرعان ما نمت وتطورت صناعة كبيرة مهمة تستخدم خطوط الأنابيب وأجهزة التقطير البسيطة لاستخلاص الأجزاء المطلوبة (أجزاء من الزيت الخام التي تتبخر في درجات حرارة معينة). وبدأ الموزعون يُعِدون المادة المستخرجة في براميل لنقل وحدات إنتاج الغاز إلى الحضر، ولهذا كانوا بحاجة إلى إضاءة بالليل، ومن ثم رحبوا بمادة الكيروسين الجديدة كبديل عن الشمعة أو الفتيل التقليدي.

واستُخلص الكيروسين (أو البارافين حسب الاستعمال اللغوي في الإنجليزية) من الجزء الأوسط من الزيت عند تقطيره. وساد الظن حينًا من الزمن أن الجزء الأكثر قابلية للتطاير، وهو الجازولين (أو البترول باللغة الإنجليزية البريطانية) هو أحد المخلفات التي تنطوي على قدر من الخطورة، ولكن استخدام المحركات داخلية الاحتراق لتزويد وسائل النقل بالقوة المحركة غيرت كل هذا الاعتقاد؛ ذلك لأن الصفات والخصائص التي تجعل من الجازولين مادة شديدة الخطر — وهي خفة الوزن وقابلية التطاير وسرعة الاشتعال — كانت هي ذاتها الخصائص المثالية التي دعت إلى استخدامه في محركات القاطرات. وهكذا، وبحلول ثمانينيات القرن التاسع عشر أطلَّ فجر حقبة تطور مذهلة في مجال صناعة النفط مقترنة بشيوع السيارة، ثم الطائرة بعد ذلك، علاوة على استخدامات أخرى كثيرة للمحركات التي تعمل بوقود زيتي، وكذلك الغلايات التي طُورت معها. وشهد العالم في مختلف الأنحاء جهودًا مكثفة بحثًا عن احتياطيات النفط المطمورة تحت الأرض. وأقيمت مشروعات دولية عملاقة بهدف استثمار هذه الموارد وتحويل منتجاتها إلى مواد

قابلة للاستعمال على نطاق واسع ومتعدد الأغراض. وترتبت على هذه الصناعة نتائج وآثار سياسية واجتماعية عميقة. مثال ذلك أنها تسببت في حدوث توتر دولي في الشرق الأوسط، وحققت فجأة وفرة وثراء لبعض المناطق في العالم التي كانت تعاني فقرًا شديدًا، وأدت أيضًا إلى ظهور حركة نقل هائلة لكميات كبيرة من النفط، خاصةً عن طريق البحر بواسطة ناقلات النفط عندما كانت خطوط الأنابيب البرية غير مجدية اقتصاديًّا. وأنشئت محطات تكرير هائلة تقوم بأعمال التقطير الكيميائي، ولإنتاج مشتقات النفط اللازمة. وينتج النفط — علاوة على زيوت الوقود الضرورية — مشتقات أصبحت حيوية لصناعة اللدائن (البلاستيك) بأنواعها المختلفة، وكذلك الألياف الاصطناعية والمبيدات الحشرية، والمخصبات والصيدلة. وتعتمد الصناعات الكبرى المنتجة لهذه السلع على مواد قاعدية الزيت، مما أدى إلى زيادة هيمنة الصناعات البتروكيماوية، وما يتبعها من منشآت تكرير تقوم بعملية تكسير خام الزيت بالتقطير التفاضلي، علاوة على عمليات معقدة خاصة بالهندسة الجزيئية لتحضير هذه المواد لتكون جاهزة للعملاء.

والملاحظ أن المجموعة الوحيدة من الصناعات التي يمكن مقارنتها من حيث الأهمية بالصناعات البتروكيماوية على امتداد الفترة منذ ١٨٥٠م؛ هي تلك الصناعات المقترنة باستخدام الكهرباء. وليس من اليسير أن نعقد هذه المقارنة نظرًا لأن الكهرباء أحدثت أثرًا عامًّا فاق كثيرًا أثر الصناعات الكيميائية، ذلك أن كل امرئ تأثر بها نظرًا لأن استخدام الكهرباء لأغراض الإضاءة علاوة على استخدامات توليد القوى على نطاق صغير كان شائعًا وعامًّا في المجتمعات الغربية الحديثة، ولكن كانت هناك أيضًا صناعات هندسية كبيرة ومزدهرة اقترنت بتوليد الكهرباء، وبصناعة المحركات والقاطرات الكهربائية وغير ذلك من معدات، ولكن لعل أهمها وأكثرها حسمًا تمثَّل في انتشار صناعة الإلكترونيات التي بدأت في صورة متواضعة مع إنتاج الراديو والصمامات الثرميونية (أو الأيونية الحرارية) في العقد الثاني من القرن العشرين، واتسعت هذه الصناعة بصورة هائلة مع ظهور أجهزة التليفزيون والكمبيوتر والآلات الحاسبة التي شاعت بعد نهاية الحرب العالمية الثانية، وأصبح لدى كل قطر غربي معادل لما يعرف في الولايات المتحدة باسم «وادي السليكون» في كاليفورنيا، وهو منطقة تضم كثيرًا من المصانع الحديثة أغلبها مصانع متوسطة الحجم، وتستخدم جميعها عاملين على درجة عالية جدًّا من المهارة لصناعة أجهزة إلكترونية شديدة التعقيد، أو إعداد برامج كمبيوتر لتسويقها. والجدير ذكره أن تحديد موقع هذه الصناعات جاء عادةً بناءً على عوامل غير اقتصادية، مثل صلاحية المناخ

أو القرب من المدن الجامعية. هذا على الرغم من اعتبار توافر شبكات النقل الجيدة وغير ذلك من خدمات عامة مطلوبة أمرًا مسلمًا به.

هذه المجتمعات من المشروعات المرتكزة على الإلكترونيات تجمعت على جوانب طرق السيارات أو أطراف مدننا الجامعية، وقد أصبحت من أهم السمات المميزة للتطورات التي شهدتها الصناعة والمجتمع في أواخر القرن العشرين، وإذا ما قارناها بما كان يسمى «المصانع الشيطانية السوداء» في المراحل الأولى من عصر التصنيع، نجدها أماكن صحية وجذابة للعيش والعمل فيها، ولعلها تمثل نوعًا من الساحات الصناعية التي تنزع المجتمعات الصناعية إلى تعميمها، خاصةً مع تعاظم الاهتمام بالبيئة والرغبة في تجنب تلويثها، مما جعل حتى المنشآت الصناعية القديمة تواجه ضغوطًا من أجل تحسين أدائها وصورتها العامة، بيد أن الكثير من هذه الصناعات القديمة — مثل الحديد والصلب، وتشكيل المعادن، واستخراج الفحم، والكيماويات الهندسية والثقيلة — لا تزال صناعات لا غنى عنها للإنتاج في القرن العشرين. هذا علاوة على أن أكثرها، كما شاهدنا، حقق تقدمًا مذهلًا خلال هذه الفترة، ولكن كم هو عسير أن نخفف من الأثر البيئي الناجم عن عمليات الاحتجار (استخراج الحجارة من المحاجر) واستخراج المعادن من المناجم! بل إن الصناعة البتروكيماوية لها مشكلاتها في هذا الصدد نظرًا لأنها تعالج بعض المواد شديدة السمية؛ ولهذا تكون الحوادث التي تقع من جرائها شديدة الخطر. وعلى الرغم من هذه المشكلات فقد شهدت العقود الأخيرة تحسنًا عامًّا في المعايير البيئية، حتى وإن لم يكن ثمة سبب واضح يدعو إلى الرضا والتسليم بما تم حتى الآن. هذا مع ملاحظة أن الصناعة لا تزال في البداية تمامًا في محاولة التلاؤم مع آثار المطر الحمضي واحترار الكرة الأرضية. ولكن من المسائل المثيرة للقلق فيما يتعلق بضيق أفق الاتجاهات الحديثة أن أكثر الأساليب السيئة في الاستعمالات الصناعية التي عالجها الغرب تتكرر الآن ثانيةً في البلدان النامية.

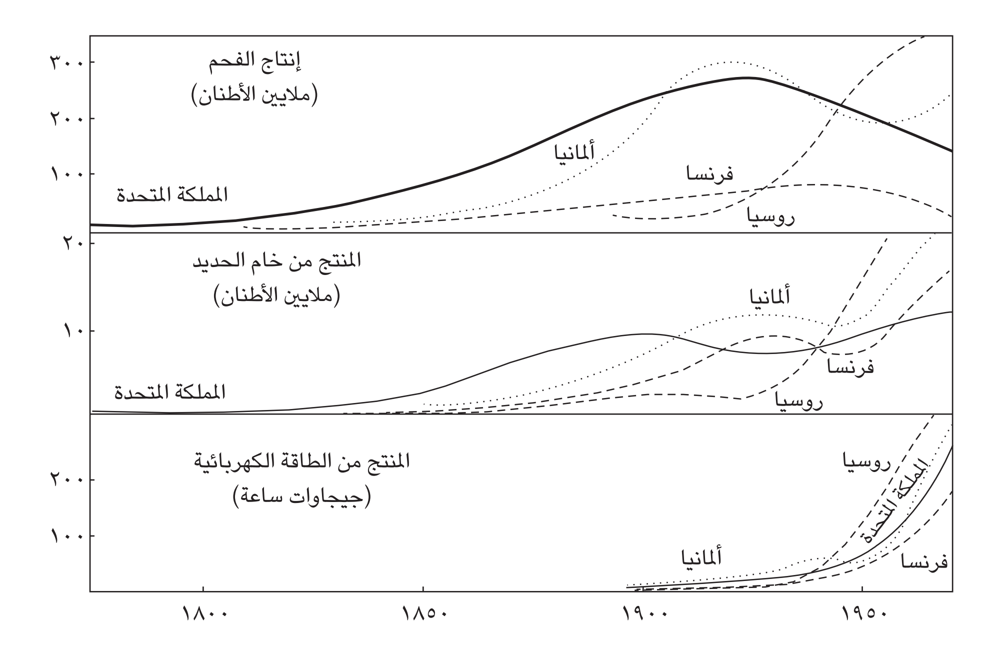
ويمكن أن نلمس التئام أكثر العوامل التي تؤلف المشهد الصناعي الحديث، وتفرض مشكلات بيئية خطرة في أقدم الصناعات قاطبةً، وهي تلك المتعلقة بإنتاج الغذاء والشراب، ذلك أن الزراعة في البلدان المتقدمة واجهت عمليات الترشيد نفسها التي تميزت بها التنظيمات الكبرى الأخرى في القرن العشرين، إذ شاع استخدام الوسائل الآلية لتوفير جهد العمل ابتداءً من الجرارات وحتى ماكينات الحلب الكهربائية، هذا بينما وُسعت الحقول لتتلاءم مع استخدام ماكينات الحصد وغيرها بصورة أكثر فعالية مما كان سائدًا في الحقول التقليدية الصغيرة التي كانت يعمل فيها مزارع أو فلاح أجير. وجرى

تطهير الأرض بالمبيدات الحشرية وتخصيبها بالمخصبات الاصطناعية، وكلتاهما تبيعهما المؤسسات الصناعية الكيماوية بأسعار عالية، وكلتاهما تسببان مشكلة تتعلق بتلوث البيئة مما يؤثر في الحياة البرية وفي إمدادات المياه. وعلى نحو متعمد طُبقت الطرق المتبعة في المصانع في مزارع تربية الماشية عن طريق استخدام بطاريات الدجاج وفي مَرْبى الخنازير ووحدات تربية الأبقار. وعلى الرغم من خفض قوة العمل في المزارع الحديثة فإن التكاليف والتعقيدات التنظيمية المتبعة في النظام الحديث ثبت أنها شديدة التعقيد بالنسبة إلى بعض الزراع التقليديين من أنصار الأسلوب العتيق؛ مما أدى إلى ظهور ضغوط من أجل الضبط الإداري على نطاق واسع، ولا ريب في أن إنتاجية المزارع الحديثة زادت. ويدور خلاف حول مدى ضرورة تلك الأساليب لضمان إمدادات الغذاء والشراب اللازمَين لاستمرارية حياة جيدة، ولكن مما لا شك فيه أن هذا كله يمثل إنجازًا له كلفته، سواء بالنسبة للبيئة، أو بالنسبة للعلاقة الحميمية التي تربط الإنسان بالعالم الطبيعي، نظرًا لما ينطوي عليه من أخطار تلوث حقيقية وجادة.

وهنا، كما في أي مكان آخر، تظهر الثورة التكنولوجية في صورة مختلفة حسب المنظور الذي يُنظر إليها من خلاله، إذ من وجهة نظر الغالبية الساحقة من سكان العالم يتعين النظر إلى الإنتاجية العالية للزراعة في المجتمعات الغربية وكأنها تمثل ترفًا فائقًا لا مثيل له. وليس من الملائم — حتى تُتخذ خطوات جادة لسد الهوة الماثلة في المستويات النسبية للمعيشة — النظر إلى زيادة الإنتاج باعتبارها مشكلة في الصناعات الزراعية الغربية، ولا أن ننتقد المحاولات اليائسة (وربما المضللة) لزيادة إنتاجية الزراعة في البلدان النامية عن طريق الإسراف في اجتثاث النباتات من الأرض، أو التوسع الشديد في اجتثاث أشجار الغابات. والخلاصة أن الصناعات الزراعية جزء من مشكلة عالمية تستلزم حلًّا عالميًّا.

والمعروف أن المرافق اللازمة لنقل الغذاء إلى مسافات طويلة كانت متوافرة منذ العام ١٨٥٠م، وأخذت في الازدياد باطراد، ولكنها حتى ذلك الحين تكاد تكون قاصرة على نقل الغذاء المنتج في بلدان المحيط من المجتمع العالمي إلى أنحاء مختلفة من أوروبا وأمريكا الشمالية، وأدى النقل بالجملة عن طريق السكك الحديدية والسفن التجارية إلى توفير الحبوب الأمريكية لأوروبا خلال النصف الثاني من القرن التاسع عشر. وتطورت مع الزمان تقنيات التجميد بصورة فعالة منذ سبعينيات القرن التاسع عشر، واستُخدمت هذه التقنيات في ترابط مع خدمات السفن التجارية الموثوق بها لنقل اللحوم ومنتجات الألبان والفواكه الطازجة من الأرجنتين وأقاصي الأرض إلى أوروبا. وتطورت وسائل

التعليب وأصبحت على قدر كبير من الكفاءة خلال منتصف القرن التاسع عشر بغرض توسيع السوق لمنتجات لحوم البقر الأمريكي وغيره من المواد الغذائية. وثبت حديثًا جدًّا أهمية وجدوى حفظ المواد الغذائية عن طريق التجميد السريع وتجفيفها في حالة تفريغ عالية freeze-drying وتعريضها للإشعاع، وتكاد تكون هذه هي الطريقة المتبعة الآن في العالم الغربي.



شكل ٦-١: مؤشرات الإنتاج: الفحم وخام الحديد والطاقة الكهربائية (الإحصاءات من Brian R. Mitchell, European Historical Statistics, 1750–1975).

وأسوةً بما حدث بالنسبة لغالبية جوانب الصناعة الإنتاجية منذ ١٨٥٠م، اقترنت الزيادة الكمية في إنتاج المواد الغذائية والمشروبات بتحول كيفي مقابل لها في طبيعة التنظيم اللازم للوفاء بمتطلبات التوسع في السوق. والخلاصة أنه حدث تحول في هيكل الإدارة، الأمر الذي يستحق أن ندرسه ونفكر فيه باعتباره جزءًا من عملية التصنيع في العالم الحديث. ويعود تاريخ نشوء الإدارة الحديثة إلى ما قبل العام ١٨٥٠م بزمن طويل،

فقد ظهرت تنظيمات صناعية كبرى خلال القرن الثامن عشر، مثل مؤسسة صناعة الأواني الفخارية، أو مَسْبك سوهو، وكلاهما يملكهما ويديرهما ماثيو بولتون، الذي أعطى اهتمامًا كبيرًا لجانب الفعالية التنظيمية وإزالة المخلفات، وكفالة رفاهة عماله، واستبق في هذا بعض الجوانب التي تتعلق بتطوير المهارات الإدارية التي شهدناها في مشروعات تالية، ولكن كانت هذه التنظيمات — شأن جميع المنظمات المماثلة في بريطانيا — عبارة عن شركات خاصة تخضع لإدارة مباشرة وتوجيه مستمر من مالكيها. هذا باستثناء المشروعات الخاضعة لإشراف الحكومة، مثل أحواض السفن الخاصة بالبحرية، إذ كانت كبيرة جدًّا، ولكن ظلت خاضعة للاتجاهات الإدارية التقليدية.

وظهرت الشركات الكبرى المسموح بها قانونًا، وتوسعت توسعًا كبيرًا مع بداية استخدام السكك الحديدية. وطبقت بريطانيا منذ خمسينيات القرن التاسع عشر النص القانوني العام بشأن المسئولية المحدودة للشركات العامة، وأدى هذا كله إلى تغيير نطاق العمليات مما كان يعني أنه أصبح لازمًا الآن استخدام المديرين، ولم يكن المديرون يملكون المؤسسات التي يديرونها لمصلحة ملاك الأسهم حتى وإن كانت لهم حصة من أسهمها خاصة بهم، وإنما جرى استخدامهم كموظفين برواتب لأداء وظائف متخصصة، ولمالكي المؤسسة حق فصلهم، سواء أكان المالكون هم أصحاب الأسهم، أم شركة عامة، أم الدولة (في حالة حوض السفن أو مؤسسة عسكرية) دون أن يؤثر هذا بالسلب في وحدة وتكامل المشروع، وأصبح هؤلاء المديرون تدريجيًّا أكثر أهمية في مجال الممارسات الصناعية في بريطانيا خلال النصف الثاني من القرن التاسع عشر. هذا على الرغم من أن المديرين الملاك مثل «جون براون» في مجال صناعة الصلب، و«وليام ليفر» في مجال صناعة الصابون حرصوا على أن تكون لهم اليد الطولى والهيمنة، ولكن زاد حجم المؤسسات الرائدة زيادة كبيرة، وأدت هذه الزيادة إلى ضعف الروابط الفردية والأسرية تدريجيًّا خلال القرن العشرين، وأصبح المديرون خاضعين للشركات الكبرى. وحدث تطور مماثل في قارة أوروبا وفي شمال أمريكا وإن بدأ متأخرًا عن ذلك قليلًا في بريطانيا، ثم تطور سريعًا فيها، ونعني بذلك أن المشروعات الكبرى، مثل مشروعات أسرة كروبس لصناعة الصلب في ألمانيا، أو مشروعات هنري فورد لصناعة السيارات في أمريكا بدأت منذ مطلع القرن العشرين تتحول بشكل فريد إلى شركات كبرى خاضعة للإشراف الإداري، وتضم مجموعة كبيرة من الوحدات الأصغر حجمًا. ومن دواعي السخرية أن كروبس وفورد طبَّقا الكثير من الاستراتيجيات الإدارية رغبةً في الحفاظ على توسعهما الطاغي.

وسوف نتناول في موضوع آخر الدلالة الاجتماعية لتطبيق النزعة الإدارية فيما يتعلق بالحرفانية والتدرب على المهارات الإدارية، ولكن من المُستصوَب هنا أن نلحظ الأهمية الكبرى للتنظيم الإداري فيما يختص بنمط تطوير الصناعة الإنتاجية الحديثة. لقد بدأت تتولد عن التفكير الإداري «فلسفة» خاصة بالصناعة مع مطلع القرن العشرين من خلال عمل المهندس الأمريكي فريدريك دبليو تايلور، الذي نشر رسالته المعنونة «الإدارة العلمية» العام ١٩٠٦م، وخصص هذه الرسالة أساسًا لما أصبح يُعرف بعد ذلك باسم «دراسة الزمن والحركة»؛ مهارة تنظيم القوى العاملة على نحو يكفل الوصول إلى أقصى قدر من الفعالية، ومن ثم إلى أقصى إنتاج مربح، وحققت هذه الطريقة نجاحًا مذهلًا، وطبقتها بحماسة مشروعات أمريكية كثيرة، لعل أبرزها شركات هنري فورد الذي استخدم تنظيم خط التجميع وفقًا لمبادئ صارمة في دراسة العمل. ولا غرابة في أن نكتشف أن تايلور وفورد كانا صديقين شخصيين، وكانا أيضًا صديقين لتوماس إديسون المخترع الرائد الذي استبقت معامل بحثه بعض التدابير التي أوصى بها تايلور. وأمكن بسهولة تطعيم النزعة الإدارية الأمريكية بالنزعة الفردية الأمريكية التقليدية.

واتجهت تنظيمات إدارية كثيرة إلى تبنِّي طرق تايلور خلال العقدين الأولين من القرن العشرين. وسرعان ما بات واضحًا أنها لا تحل جميع مشكلات الإنتاج الصناعي حلًّا كاملًا وشاملًا على نحو ما أكد أنصارها في أول عهدها. وأصبح من المسلَّم به بوجه خاص أن طرق دراسة العمل تفتقر إلى درجة من الصقل والتدقيق نظرًا لأنها اعتبرت العمال مجرد وحدات إنتاج؛ لهذا أدت تلك الطريقة إلى معارضة القوى العاملة، وبات من غير المفيد تطبيقها بعد مرحلة بذاتها. واكتشف باحث أمريكي جديد هو إلتون مايو دور العنصر البشري في المعادلة الإدارية، وهو ما عُرف بعد ذلك باسم تجربة هاوثورن Hawthorne Experiment، وهو اسم المؤسسة الصناعية الأمريكية التي أُجريت فيها الدراسة، وتوصل مايو إلى نتيجة مذهلة في ظاهرها، وهي أن الناس يعملون على نحو أفضل إذا ما تعاملنا معهم باعتبارهم أشخاصًا مسئولين نستشيرهم، ومشاركين في تحسين كفاءة العمل الصناعي، وكان لهذا أثره الكبير في التفكير الإداري خلال عشرينيات وثلاثينيات القرن. وسرعان ما طبقت الشركات الأكثر تقدمًا هذا النهج الجديد في استراتيجية عملها.

وإن كلًّا من مبدأ دراسة العمل، ومبدأ الاهتمام بأن يكون العمال عنصرًا ضمن أسباب نجاح المشروع يدخلان الآن ضمن الممارسة الإدارية حسبما تقضي التطورات

الأحدث عهدًا، وأُحييت هذه التطورات في صورة من البنيوية، بمعنى أن الاتجاه هو النظر إلى التنظيم ككل شامل، والتخطيط من أجل الوصول إلى أكثر مظاهر «التدفق» فعاليةً للوظائف والمسئوليات في كل أنحاء بنية التنظيم. ويذهب الرأي في الفلسفة الإدارية الراهنة إلى أن من الأهمية بمكان وضع خطة للإدارة، واستخدام مؤشرات أداء عند كل مستوًى من مستويات العمل، مع تدابير تكفل سرعة معالجة أي مشكلة، ورصد بلوغ أو عدم بلوغ أهداف الإنتاج المرسومة. وهكذا تعتمد الإدارة في نهاية الأمر على الخصائص المميزة للقائمين عليها والممارسين لها، ولن تكون قط كاملة تمامًا، ولكن من المُستصوَب تأكيد أن تقنيات الإدارة الحديثة المطبقة في مجال الصناعة في العالم الغربي حققت مستوًى عاليًا من الفعالية الشاملة، وأثبتت هذه التقنيات بصورة مذهلة أن التنظيمات الضخمة يمكن تشغيلها بفعالية وكفاءة وبصورة إنسانية، شأن ما كان الحل بالنسبة لأي شركة تقليدية صغيرة. وحددت النمط الصناعي المهيمن الذي يطبقه الإنتاج الصناعي الحديث على اختلاف صوره.

ولكن هذا النمط له جانب جدير بأن يحظى منا باهتمام خاص، ونعرضه كحاشية لمناقشتنا السابقة لموضوع تطور إدارة المؤسسات، ونعني به الاعتراف بحاجتنا المستمرة لدراسة منتج التنظيم، أو ما أصبح معروفًا باسم «البحوث والتطوير Research and Development»، ذلك أن أي رجل بعيد النظر مسئول عن تنظيم أعمال شركة تقليدية صغيرة لا بد أن يشاركنا هذا التصور، وسبق أن ذكرنا بعضهم من أمثال جوزيا ويدجوول وماثيو بولتون اللذين أبديا اهتمامًا نشطًا بهذا الرأي، ولكن القليلين منهم هم من تتوافر لديهم الموارد التي تهيئ لهم إمكان النهوض بعمل ما على نطاق موضوعي. والملاحظ أن المشروعات الصناعية لم تبدأ إلا في أواخر القرن التاسع عشر في اتخاذ محاولة منهجية لتوفير التسهيلات اللازمة لإقامة معامل البحوث واستخدام الخبراء العلميين المتميزين لإنجاز هذا الهدف. ونعود لنقول إن توماس إديسون هو الذي أكد فعالية وكفاءة منظمة البحوث التي تلتزم نظام بحث منهجي ودَءوب لدراسة تطور المنتج. واشتهر إديسون بأنه «ساحر مينلو بارك» وذلك بعد أن شيد معامل البحوث الخاصة به في نيو جيرسي.

إن مشروع المعدات الكهربائية والإلكترونية الذي أُقيم تأسيسًا على المصباح الكهربائي الذي اخترعه أديسون، وكذا الفونوغراف — جنرال إليكتريك — كان من أسبق المؤسسات الأمريكية التي أقامت معامل ضخمة للبحوث، ولكن سرعان ما حذت حذوها شركات أمريكية أخرى، من بينها شركة الاتصالات السلكية واللاسلكية الأمريكية A.T. and T

التي أُسست لاستثمار اختراع بيل للتليفون. وعملت هذه الشركة على تطوير معامل بيل حيث اخترعت الترانزستور العام ١٩٤٨م، ونجد في بريطانيا أيضًا عددًا من المؤسسات لها سجل متميز في هذا الاتجاه، على الرغم من أن بريطانيا ظلت زمنًا تلتزم أسلوبًا أكاديميًّا نمطيًّا لمعاقبة رجال الصناعة لعدم اهتمامهم بالبحوث. ونذكر هنا أعمال روبرت هادفيلر وجهود شركات الصلب في شيفيلد من أجل دراسة واستغلال سبائك صلب جديدة، والتي حظيت أخيرًا باهتمام وموافقة الأوساط الأكاديمية.

والجدير ذكره أيضًا مبادرة شركات الكيماويات البريطانية مع مطلع القرن العشرين.

واقع الحال أن تنظيم البحوث والتطوير بلغ الآن مستوًى عالي الكفاءة وبات أمرًا مقررًا في كل أنحاء العالم حيث توجد مشروعات صناعية كبرى. ويمثل هذا المنهج في التنظيم عنصرًا لا غنى عنه لإنجاز الشركة، وأصبح جزءًا لا يتجزأ من الأهداف الإدارية في التنظيمات الحديثة المعنية بالإنتاج الصناعي، وثبتت جدواه الكبرى في سبيل تأكيد دينامية الإنتاج الكبير والنمو الصناعي المطرد.

الفصل السابع

النقل قبل عصر القطار

وجود شبكة نقل جيدة يمثل قَسَمة جوهرية مميزة لوجود مجتمع صناعي متقدم؛ إذ تسهل الشبكة الحركة السهلة لنقل البضائع والناس بتكلفة معقولة، وبأقصى قدر من الراحة. وليس لنا أن ندهش كثيرًا إذا عرفنا أن ظهور مثل هذه الشبكة العالمية للنقل كان عنصرًا بارزًا في التحول الذي أحدثته الثورة التكنولوجية خلال القرون الثلاثة الأخيرة. تتابعت التحسينات الواحدة تلو الأخرى في سلسلة من الإنجازات التقنية الرائعة التي يسَّرت نقل كميات هائلة من المواد الخام والسلع المصنعة، من وإلى جميع أقطار الأرض، وخفضت الوقت اللازم للسفر إلى بضع ساعات فيما بين أوروبا والأمريكتين وأقاصي الأرض على الطرف الآخر من الكوكب. وتغيرت آليات التشغيل مرارًا وتكرارًا مع التغير التكنولوجي السريع؛ إذ حدث التغير حيثما — وفقط حيثما — توافرت مجموعة المتطلبات والموارد والمشروع الاقتصادي، وحيثما تهيأت الظروف الاجتماعية السياسية لإحداث هذا التغيير. علاوة على هذا فإن التطور كان في المرة بعد الأخرى يفيد في تمهيد السبيل لتحسينات جديدة حلت محل التطور الأصلي، أو جعلته زائدًا على الحاجة. ونلاحظ على مدى عملية التغير المعقدة هذه أن العوامل البشرية والعارضة ظلت قائمة لا سبيل إلى تغييرها أو تخفيفها؛ فالأولويات الاستراتيجية لدى الحكام الطموحين، وتصورات المهندسين اللامعين تركت جميعها بصمتها على الإنجازات. هذا بينما بعض المخططات الإبداعية والقابلة للتطبيق والاستمرار — مثل فكرة عمل «السكك الحديدية الجوية»، وهي قطارات يدفعها فراغ جزئي داخل أنبوب أسطواني موجود بين القضبان — استُبعدت باعتبارها كارثة تجارية. وسوف نستعرض في هذا الفصل ثورة النقل حتى منتصف القرن التاسع عشر، وسوف نتابع الموضوع في الفصل التالي حتى وقتنا الحاضر.

كم هو عسير أن نتخيل عجز غالبية الناس عن الحركة والتنقل قبل حلول شبكات النقل الحديثة، خاصةً أن الروايات التاريخية التقليدية تميل إلى تأكيد أنشطة عدد قليل من التجار والإرساليات التبشيرية والجنود والمغامرين السياسيين وأمثالهم، الذين اعتادوا التنقل بحرية. بيد أن الغالبية الساحقة من الناس نادرًا ما ارتحلوا بعيدًا عن مجتمع القرية الذي وُلدوا فيه. ويصدق هذا حتى في المجتمعات التي لا يسودها نظام الرق وغير ذلك من قيود، مثل الفقر وحياة الكدح المتواصل، والتي أبقت على شعوبها رهينة مكان العمل. نعم ربما تحدث بين الحين والآخر زيارات للسوق المحلية في المدينة، أو رحلة خاطفة إلى عاصمة الإقليم، أو يتوافر إمكان الحج المقدس مرة واحدة في العمر، ولكن الغالب الأعم أن الحياة في غرب أوروبا كانت شبه جامدة منذ أن استقرت غزوات قبائل التيوتون والفايكنج حوالي العام ١٠٠٠ ميلادية. وساد بين الناس حتى أواخر القرن الثامن عشر نزوع إلى الاستقرار، ولو حتى بسبب الصعوبة المادية التي تحول دون الحركة والانتقال نظرًا لعدم وجود وسائل نقل موثوق بها. وحدثت سلسلة من الابتكارات الحاسمة والمذهلة غيرت من هذا الوضع. وتتابعت عمليات التغير تدريجيًّا على مدى مائتي عام، وتمثل في مجموعها جزءًا مهمًّا من عملية التصنيع والثورة التكنولوجية.

كان النقل البري داخل البلاد هو المشكلة الرئيسية. والملاحظ أن السفر والارتحال كان أيسر وأفضل بالنسبة لمن اعتادوا الحياة والسكنى قرب البحار أو الأنهار الصالحة للملاحة. واعتمد النقل البري في الداخل على الحيوانات والطرق، وحيثما تتوافر الخيل على الأقل للميسورين من أبناء المجتمع المحلي. وظلت الطرقات مهملة منذ عصر الإمبراطورية الرومانية. ويرجع هذا الإهمال لأسباب سياسية واجتماعية؛ ذلك أن الولايات الأوروبية خلال العصر الوسيط ومطلع العصر الحديث كانت تفتقر إلى الموارد، ولم يكن هناك سبب عسكري مُلح يدفعها إلى عمل شبكة طرق دائمة. هذا فضلًا عن أن مسئولية صيانة الطرق الطويلة كانت متروكة للسلطات المحلية ولمجتمعات القرية، وجميعهم تُعوِزهم المصلحة والخبرة لبناء طرق جيدة. والنتيجة أن غالبية طرق أوروبا كانت — في أحسن أحوالها — مرقعة متعددة الأشكال، مع محاولات متباعدة لوضع أساسات صالحة أو عمل سطح مُعبد مرصوف، وتبدو في غالب الأحيان عبارة عن ممرات مليئة بالحفر والمطبات، ويتعذر المرور فوقها حين يسوء الطقس. وهكذا كان من رابع المستحيلات نشوء أي شكل من أشكال مرور المركبات يمكن أن يتصف بالدوام. وكانت أي مركبات تبدو ثقيلة فظة للغاية مثل عربة ريفية بدولابين يجرها حصان، وذلك حتى تقوى على تحمل الأسطح الوعرة. معنى هذا أن حركتها بطيئة جدًّا، فضلًا عن أنها تتسبب في مزيد من

تكسير سطح الطريق وزيادته وعورة؛ ولهذا اعتاد الناس الارتحال والتنقل على صهوات جيادهم، واعتادوا نقل بضائعهم في سلال مربوطة بالحبال فوق ظهور الخيل. وطَبَعي أنْ جَعَل هذا عملية نقل كميات كبيرة من السلع أمرًا باهظ التكلفة، بل شبه مستحيل. وكانت العربات، إن وُجدت، امتيازًا مقصورًا على الأمراء والنبلاء. وحتى هذه كانت بطيئة الحركة، وتعتمد على مساعدة فرق إضافية من الخيل أو الثيران لتقوى على جرها فوق ممرات طرق سيئة للغاية.

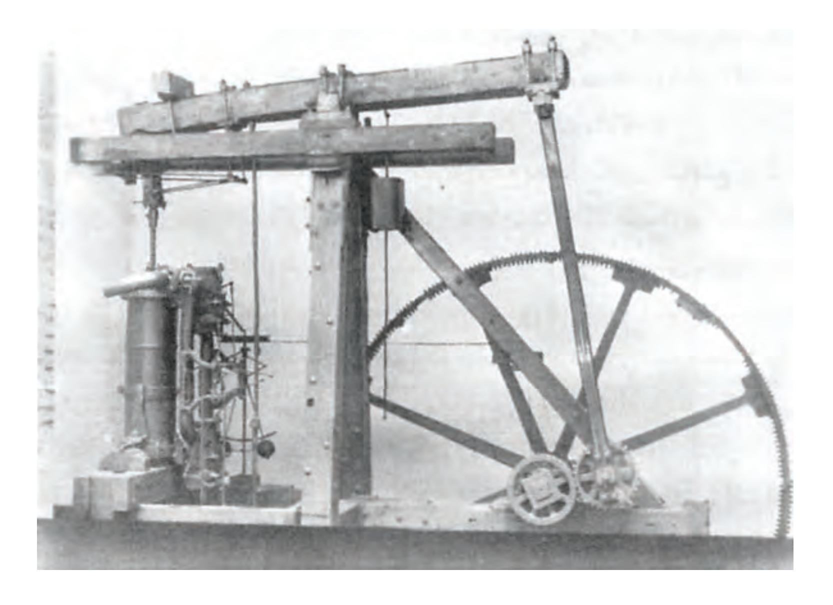
والمقارنة بين مشكلات النقل في الأرض المحصورة داخل قارة أوروبا ولا تطل على بحار، وبين سهولة الحركة نسبيًّا للمواطنين الذين يعيشون على شاطئ البحر أو على ضفاف أنهار كبيرة مقارنة تكشف عن فارق مذهل بين الوضعين. ونعرف أن القوارب ظهرت منذ فترة باكرة جدًّا كابتكار تكنولوجي في المجتمعات النهرية. وهيأت القوارب — مع تطورها المطرد — وسيلة فعالة لنقل الناس والسلع حيثما تسمح بذلك مجاري المياه الطبيعية. وكانت المراكب في المناطق المطلة على البحار كبيرة الحجم، فالسفن البحرية معروفة منذ أقدم العصور. ودخلت على عمليات بناء السفن تحسينات متوالية على مدى القرون، وتهيأت للمجتمعات الغربية فرص للمزيد من السيطرة على تقنيات الملاحة البحرية. واستطاعت السفن البحرية التي لم تكن بحاجة إلى وقود بعد الانتهاء من بنائها أن تحمل حمولات كبيرة عبر بحار العالم. وحققت هذه السفن ثروات تجارية مهمة، والتي لم يكن من الممكن من دونها بدء الثروة الصناعية، ولكن لم يكن لها إسهام مباشر في حل مشكلة النقل داخل البلاد، وربما لم يكن لها من أثر سوى مزيد من الإحباط الذي أصاب المنتجين داخل البلاد نظرًا لعجزهم عن نقل بضائعهم إلى السوق، الأمر الذي حفزهم إلى البحث عن وسائل لتحسين وضعهم.

وحدثت أول مظاهر هذه التحسينات في صورة عمل مجارٍ مائية اصطناعية. والملاحظ أن العالم يعرف منذ قديم الزمان قنوات الصرف والري، ولكن ظلت استخدامات أوروبا لهذه القنوات المائية محدودة خلال العصور الوسطى، ومن ثم كانت خبرتها في هذا المجال ضعيفة. وبدأ الاهتمام بالقنوات المائية الاصطناعية ينتعش خلال القرنين السادس عشر والسابع عشر بفضل المدن المزدهرة شمال إيطاليا وأراضي الفلاندرز وهولندا؛ إذ شرعت هذه المدن في إنشاء امتدادات قصيرة لتحسين أعمال الاتجار في منتجاتها. وأول قناة حديثة حقيقية عبرت حاجز المياه عن طريق أهوسة هي قناة دو ميدي Canal Du Midi التي اكتمل بناؤها في فرنسا العام ١٦٩٢م لربط الأطلسي بالبحر المتوسط. وكان

التصور السائد بشأنها آنذاك أنها تمثل جزءًا من الاستراتيجية العسكرية الكبرى للملك لويس الرابع عشر حتى يمكن للأسطول الفرنسي أن يتحرك وينتشر عبرها بسهولة، ولكن أصبحت وظيفتها الحقيقية تجارية على الرغم من أن منطقة جنوب فرنسا التي تخترقها القناة لم تكن من المناطق ذات النشاط الصناعي الكبير.

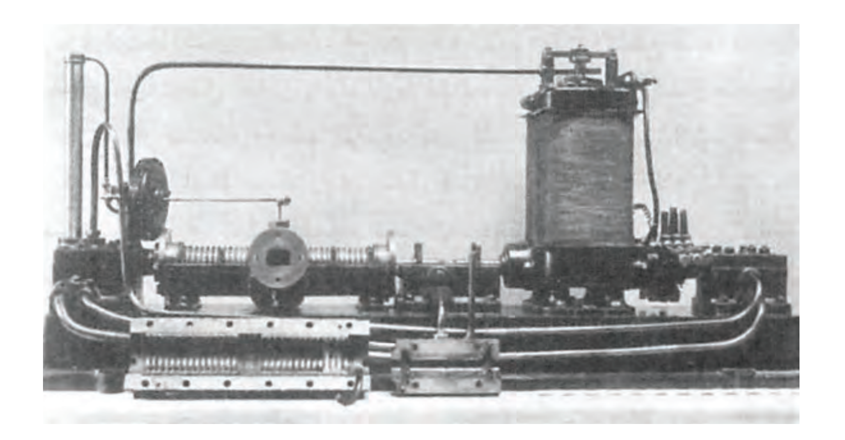
واستلهمت بريطانيا فكرة شق القنوات المائية من عمليات إنشاء القنوات داخل القارة. وزار دوق بريدج ووتر Duke of Bridge Water القنوات المائية في فرنسا وإيطاليا. وشجعه هذا على تطبيق النظام نفسه في مقاطعاته في لانكشير، وكان أول أهدافه من هذا توصيل الفحم المستخرج من منشآت مناجم الفحم التابعة له في وورسلي التي تبعد بضعة أميال عن شمال مانشستر ليصل الفحم عبر القناة، التي عُرفت باسم قناة بريدج ووتر، إلى تلك المدينة الآخذة في التطور السريع. واكتملت القناة العام ١٧٦١م، ثم عمل الدوق على مدها لتصل إلى نهر ميرسي في رنكورن لتربط بعد ذلك نهر ميرسي ونهر ترنت، وعُرفت هذه القناة باسم قنال ترنت ميرسي. ولم تكن قناة بريدج ووتر أول مجرًى مائي اصطناعي في بريطانيا؛ إذ كانت هناك أعمال مهمة لتحسين مجاري الأنهار الكبرى في البلاد، من ذلك قنال إكستير التي هيأت منفذًا لانتقال السفن البحرية إلى تلك المدينة خلال القرن السادس عشر. علاوة على هذا أن كلًّا من قناة نيوري في شمال أيرلندا وقناة سانكي بروك في لانكشير اشتملتا على نظام الأهوسة، ولكن دوق بريدج ووتر يستحق التقدير لما تحلى به من بصيرة ومثابرة مما جعله يستكشف الإمكانات التجارية للقنوات المائية.

قوبلت فكرة القنوات المائية التجارية بحماسة خاصة من جانب منظمي المشروعات المنتجة للسلع في المناطق الداخلية، مثل مصانع إنتاج الأواني الفخارية في ستافورد شاير وبرمنجهام. ولم تمضِ سوى بضعة عقود حتى كانت بريطانيا تمتلك شبكة واسعة من القنوات التي تربط جميع شبكات الأنهار الأساسية بعضها ببعض، وتهيئ سبلًا للوصول إلى البحر لغالبية المناطق المحصورة في الداخل، ولديها موارد لتطوير الصناعة فيها. وكان الفحم والحديد والطَّفْل الصيني والأواني الفخارية المصنعة والرمل والأواني الزجاجية والحبوب والأحجار وبالات القطن والصوف، كانت جميعها من بين الحمولات الضخمة التي يمكن أن تنقلها هذه الشبكة الجديدة وبطريقة ملائمة تمامًا. وهكذا أصبحت إضافة مهمة للغاية إلى مجموع النشاط الاقتصادي للبلاد، وأسهمت في التطور السريع لعمليات التصنيع في بريطانيا.



شكل ٧-١: القوى البخارية. محرك ذو عاتق، العام ١٧٨٨م، مصمم لتوليد حركة دورانية. محفوظ في متحف العلوم في لندن، وشاهد على غالبية التحسينات التي أدخلها جيمس وات على تكنولوجيا المحرك البخاري.

وتميزت القنوات المائية الأولى في بريطانيا بأنها من شئون المنفعة العامة، فلم يكد مسار القناة يتحدد وفقًا للقانون البرلماني حتى يتسنى للشركة القانونية أن تشتري الأرض إلزاميًّا، ولكن كان من الصعب جمع كميات رأس المال الضخمة اللازمة. معنى هذا أن القنوات المائية يجري إنشاؤها مع الالتزام بأدنى حد من الكماليات، فضلًا عن ضرورة الاقتصاد في الأعمال الهندسية؛ ولهذا كانت أكثرها قنوات «ضيقة» ذات أهوسة باتساع سبع أقدام، مما أدى إلى ظهور طراز مميز من المراكب الصغيرة القادرة على استخدامها. واتسمت مجاري هذه القنوات بالتعرج تبعًا لطبيعة الأرض التي تمر بها بهدف تحاشي إدخال تغييرات لا لزوم لها على مستوى القناة، علاوة على استخدام أنفاق بدلًا من حفر مجارٍ عميقة إذا ما اعترضت طريقها سلسلة من التلال يتعين اختراقها. وحرص القائمون على إنشائها على أن تكون المجاري غير مسامية بحيث لا يتسرب منها الماء، وذلك بأن يدكوا بداخلها أحمالًا من الطَّفْل، وهي العملية المعروفة باسم «التطيين»؛



شكل ٧-٢: توربين بخاري. اخترعه شارلس بارسونز رائد التوربين البخاري العام ١٨٨٤م. محفوظ في متحف العلوم في لندن. وتعرضه الصورة من دون الغطاء لتوضيح ترتيب مكونات العضو الدوار.

أيْ سد المنافذ بالطين. وإذا ما اعترض طريقها مجرى نهر ويتعذر تجنبه يجري بناء قنوات اصطناعية حجرية لمد الخندق المغطى بطبقة من الطَّفْل.

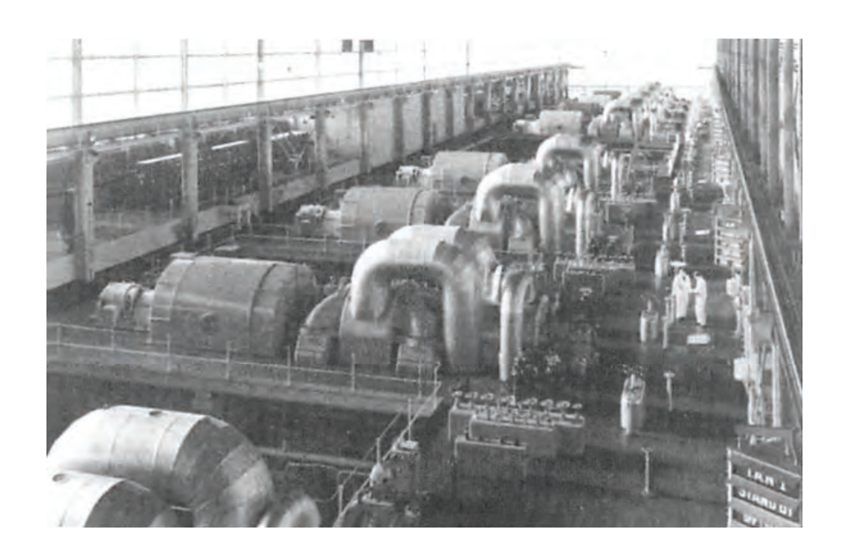
وكان بناة القنوات المائية من العناصر المتميزة الجديرة بالتقدير، ويكفي أنهم أسهموا موضوعيًّا في خلق مهنة الهندسة في بريطانيا. واستخدم الدوق بريدج ووتر الميكانيكي جيمس بريندلي لبناء هذه القنوات، وسرعان ما كشف بريندلي عن عبقرية طبيعية تؤهله لهذا العمل، وأصبح أسطورة هندسية. كان بريندلي من نوع الإنسان العملي الذي يعنيه الهدف قبل المظهر، وهو من أصول متواضعة، رقيق الحال اجتماعيًّا، ولكنه بليغ الخطاب عندما تحدث إلى لجان البرلمان عن ميزات القنوات، وكشف عن تمكنه من أسس الهندسة التي تركز عليها عملية تشييد أول مجرًى مائي، وأول نفق مائي في بريطانيا. واقتدى به كثيرون ممن أصبحوا مهندسين متخصصين في هندسة القنوات المائية، وتدرب أكثرهم في خلال العمل معه في حفر تلك القنوات، ويرجع أكثرهم إلى أصول متواضعة؛ إذ كانوا ميكانيكيين أو عمال بناء بالأحجار أو غير ذلك من الأعمال الحرفية، على الرغم من أن القليلين منهم كانت لهم خلفية مهنية. ونذكر هنا روبرت ميلون، وهو مهندس معماري، وجون سميتون المتحدر من أسرة تعمل بالقانون. والجدير ذكره أن سميتون هو الذي جمع شمل هذه المجموعة العشوائية من الرجال ليشكلوا معًا



شكل ٧-٣: الطاقة الذرية. محطة توليد الطاقة النووية في شابل كروس في اسكتلندا. افتُتحت العام ١٩٥٥م وتضم أربعة مفاعلات نووية كل منها يُغِل أكثر من ١٠ آلاف عنصر وقود، ويزود الشبكة الوطنية بأكثر من ألف مليون وحدة كهرباء كل عام.

أول تنظيم مهني للمهندسين، وهو «جمعية المهندسين المدنيين»، والتي لا تزال موجودة كنادٍ يتناول فيه كبار المهندسين البريطانيين الطعام، ولكن فورة بناء القنوات هي التي هيأت لهم عملًا دائمًا، كما هيأت لهم الفرصة ليميزوا أنفسهم كأصحاب مهنة جديدة.

وبلغت فورة بناء القنوات المائية في بريطانيا ذروتها في تسعينيات القرن الثامن عشر؛ إذ بحلول هذا الوقت أصبح يسيرًا جدًّا زيادة رأس المال اللازم لمشروعات بناء القنوات. وهكذا ظهر الجيل الثاني من بناة القنوات من رجال مثل جون ريني وتوماس تلفورد الذين استطاعوا أن ينجزوا إنشاءات على نطاق أكبر من سابقيهم، وحرصوا بوجه عام على أن يكون اتساع الهويس ضعف الهويس التقليدي الضيق، وشيدوا مجاري مائية حجرية ضخمة، وشرعوا في استخدام الحديد الزهر لمجرى القناة فوق دعامات حجرية ضخمة، واستخدموا أسلوب القطع والحصر لضمان استقامة مسار المجرى قدر المستطاع. وأمكن إحلال بعض القنوات محل القنوات القديمة الضيقة، ولكنهم بوجه عام قدموا إضافات



شكل ٧-٤: قاعة التوربينات في محطة شابل كروس للطاقة النووية؛ الحرارة المتولدة عن المفاعلات النووية تتحول إلى بخار لتوليد الكهرباء عن طريق هذه التوربينات.



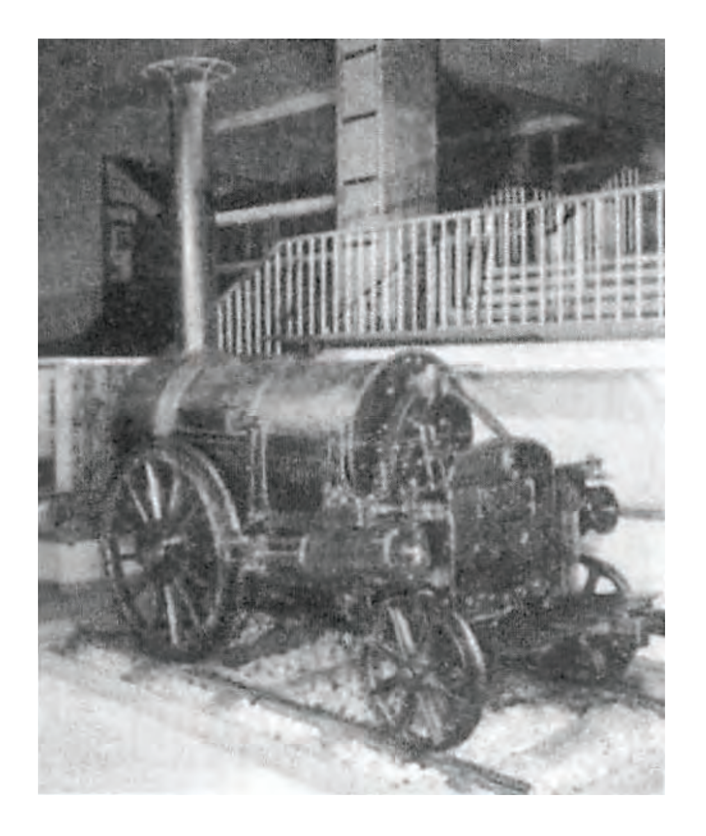
شكل ٧-٥: أولد لونجتون. يوضح المنظر شكل المدينة في حي ستافورد شاير حيث مصانع الأواني الفخارية وقتما كانت أفران الفحم التقليدية هي السائدة.



شكل ٧-٦: نيو لونجتون. المنظر ذاته يوضح التحول المذهل بعد استخدام وقود الغاز والكهرباء في الأفران الحديثة.

مهمة إلى الشبكة الموجودة، ومن ثم هيئوا إمكان الوصول إلى مزيد من الأراضي الداخلية البعيدة بفضل وصول المجاري المائية الصناعية إليها.

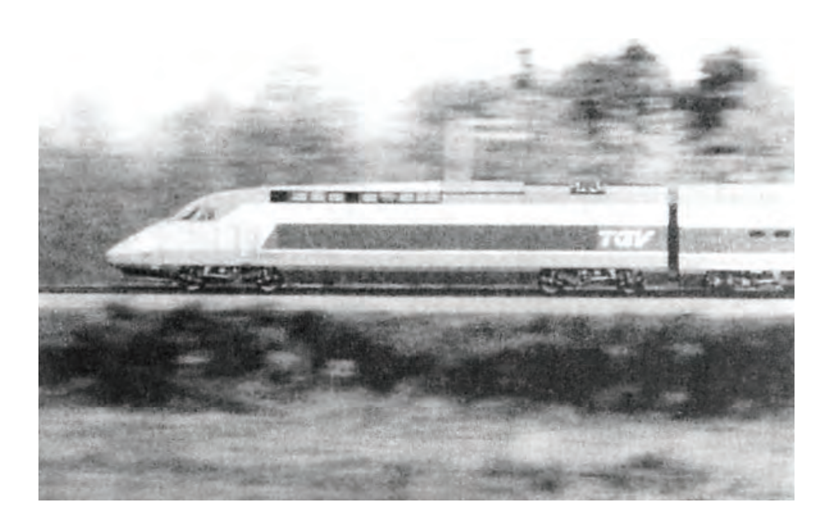
وسرعان ما وجد المهندسون الجدد الذين نهضوا ببناء القنوات البريطانية عملًا بديلًا في مشروعات النقل خاصة في مجال تحسين الموانئ وأعمال الطرق؛ إذ كانت غالبية المرافئ مع مطلع القرن الثامن عشر مجرد أرصفة بسيطة مقامة على ضفاف ومصبات الأنهار، ولكن تعاظُم التجارة داخل الموانئ، مثل ميناءَي لندن وبريستول أدى إلى حدوث اختناقات حادة في هذه المرافق؛ إذ اعتادت السفن أن ترسو في لندن أيامًا طويلة في عرض النهر قبل أن تتمكن من تفريغ حمولتها، مما كان يجعلها ضحية خسائر ضخمة بسبب السرقات الصغيرة المتتالية. وجاء الحل بالنسبة لهذا الوضع وللمشكلات المترتبة عليه في صورة إنشاء أحواض سفن مغلقة مما يهيئ مزيدًا من إمكان عمل أرصفة ترسو إليها السفن في أمان وسط مياه دائمة الارتفاع. هذا علاوة على توفير مزيد من الأمان بفضل إنشاء مخازن كبيرة تحيط بها أسوار عالية. ونذكر من بين المهندسين الذين باشروا بناء أحواض السفن الكبيرة المغلقة على طول نهر التيمز عند منعطف القرن الثامن عشر وبداية التاسع عشر؛ كلًّا من جون ريني ووليام جيسوب وتوماس تلفورد. وتوافرت في ليفربول أحواض سفن مماثلة شيدها مهندسان محليان، هما توماس ستيرز وهنري



شكل ٧-٧: الصاروخ. القاطرة الأصلية العام ١٨٢٩م محفوظة في متحف العلوم على الرغم من أن تعديلات جوهرية كثيرة أُدخلت عليها طوال فترة عملها.

بيري. وتبعتها بريستول إذ شيدت «المرفأ العائم» — وهو عبارة عن حوض مرتفع المياه عن طريق إقامة سدود تسد مسار النهر في وسط المدينة. وشيد هذا المرفأ وليام جيسوب في مطلع القرن التاسع عشر. وهكذا تهيأت الموانئ البريطانية الكبرى وتزودت بالمعدات اللازمة للتعامل بنجاح مع حركة المرور التجارية المتعاظمة باطراد، ولم يمنع هذا إدخال إضافات منتظمة على شبكة أحواض السفن المغلقة كلما دعت الضرورة.

وفي هذه الأثناء أبدى الجيل الجديد من المهندسين اهتمامًا بجوانب أخرى خاصة بالنقل البحري، من بينها العمل بانتظام على تشييد الجدران البحرية وحواجز الأمواج



شكل ٧-٨: القطار فائق السرعة تي جي في TGV ويعمل بالطاقة الكهربائية، ويجري فوق قضبان من نوع خاص. وارتفعت بسببه معدلات أداء السكك الحديدية الأوروبية خلال العقد الأخير.



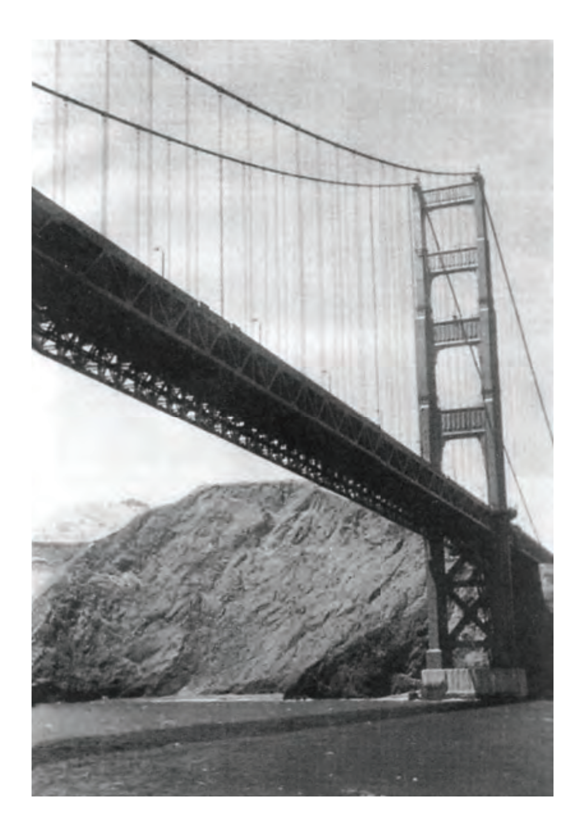
شكل ٧-٩: الجسر الرابع. صممه سير جون فولر وسير بنيامين بيكر. جرى الاحتفال المئوي بإنشائه العام ١٩٩٠م. من أول الجسور التي استخدمت الفولاذ كمادة أساسية لبناء هيكلها.



شكل ٧-١٠: جسر سيدني. قوس الفولاذ عبر خليج سيدني، ويُعرف باسم «المشجب» اكتمل العام ١٩٣٢م.

ومسح القاع وتسوية مداخل المرافئ، وتوفير المنارات. والمعروف أن جون سميتون بنى شهرته الهندسية بعدما أكمل في العام ١٧٥٩م منارة صخرة إديستون Eddystone Rock على بعد خمسة عشر ميلًا من بلايموث. وكانت هذه هي المنارة الأولى من نوعها، وهي من إنتاج عمل فريق متآزر من المستشارين والبنائين والعمال والبحارة. وبُنيت من كتل من أحجار البناء المعشقة بعد تقطيعها على البر، ثم تجميعها في موقع البناء حسب الوضع المحدد مسبقًا لكل منها. والتزم سميتون شكل القطع المكافئ للجدران الخارجية لكي تتلاءم بفعالية كبيرة مع ضربات الأمواج العنيفة، وأصبحت منارته وطريقة بنائها نموذجًا لجميع الإنشاءات في المياه العميقة، وهكذا أضحت رمزًا معبرًا تمامًا عن مؤسسة المهندسين المدنيين التي أُسست العام ١٨١٨م، والتي حصلت على براءتها الملكية العام ١٨٢٨م، ووضعت صورة رائعة سميتون على شعار النبالة الخاص بها.

وعمل المهندسون أيضًا في مجال تحسين الطرق البريطانية، غير أن مساهماتهم هذه تأجلت بعض الوقت بسبب مشكلات سبق أن أشرنا إليها والخاصة بزيادة الموارد اللازمة لبناء الطرق وصيانتها؛ ولهذا لم يكن ممكنًا النهوض بأعمال كبيرة في مجال إنشاء الطرق. وبدأت أول محاولة للتغلب على هذا القيد بأن تولت المسئولية جهات أخرى



شكل ٧-١١: جسر البوابة الذهبية. اكتمل العام ١٩٣٧م. هذا الجسر المعلق الضخم يصل ما بين المدخل وحتى خليج سان فرانسيسكو. ويستخدم مثل جميع الجسور المعلقة كابلات رئيسية من السلك الفولاذي المغزول.

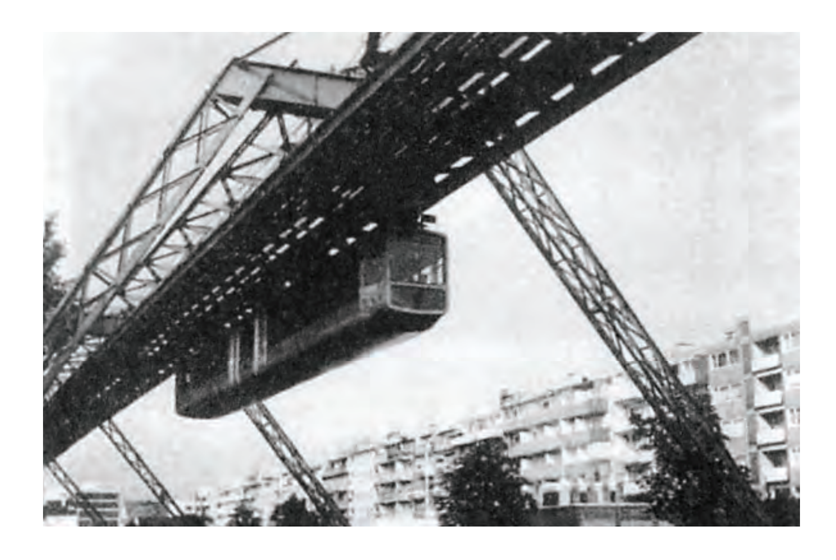
قادرة على تحمل الأعباء، وحققت بالفعل أول الأمر نجاحًا جزئيًّا في سبيل تحسين الطرق. وعُرفت هذه الجهات باسم «صناديق بوابات المكوس»، وتضم ملاك الأراضي المحليين، ومنظمي المشروعات الذين كانوا يحجمون عن إلزام أنفسهم بتحمل مبالغ مالية ضخمة؛ ولهذا بدت التحسينات الأولى ذات طبيعة شديدة التواضع. وطَبَعي أن الطرق الجديدة بحاجة إلى مشرف، وهو ما كان بالإمكان استئجاره للعمل من الإقطاعات المحلية. وقاومت الجهات المسئولة فكرة تعيين مهندس مهني يتولى المسئولية، ولكن إذا ما تعلق الأمر بأعمال هندسية خاصة ببناء جسر كبير مثلًا فقد كان تعيين مهندس أمرًا لا مندوحة عنه،



شكل ٧-١٢: عربات الكابل. الترام الكهربائي أعطى دفعة قوية لعمليات التوسع في الضواحي خلال القرن العشرين.

ومن ثم توافق الجهات المسئولة على ضرورة البحث عن توجيه مهني جيد. هذا علاوة على أن بعض المشرفين اكتسبوا خبرة جيدة في مجال التقنيات الأساسية الخاصة ببناء الطرق. ونذكر هنا أنه عندما دعت الحكومة إلى توفير طرق عسكرية في مرتفعات اسكتلندا على سبيل المثال، فإن جنرال ويد عمد إلى تدريب مشرفين ومتخصصين في بناء الطرق من بين أعضاء الجيش، وأدى هؤلاء المهمة بمهارة في منتصف القرن الثامن عشر. وظهر أيضًا خبراء عصاميون دربوا أنفسهم، بل نجحوا في تخطيط مسارات عدد من الطرق الجيدة.

وتوافرت الموارد الحكومية أيضًا لتوماس تلفورد، سواء لبناء طريق هولي هايدرود ابتداءً من شروز بيري، أو لتنفيذ برنامجه المكثف لبناء مرافئ، وبناء قناة كاليدونيان



شكل ٧-١٣: الترام المعلق، شكل قديم لترام كهربائي معلق. أُنشئ العام ١٩١٠م، ولا يزال يعمل مع استخدام مركبات حديثة لمسارات طولها ١٣كم.

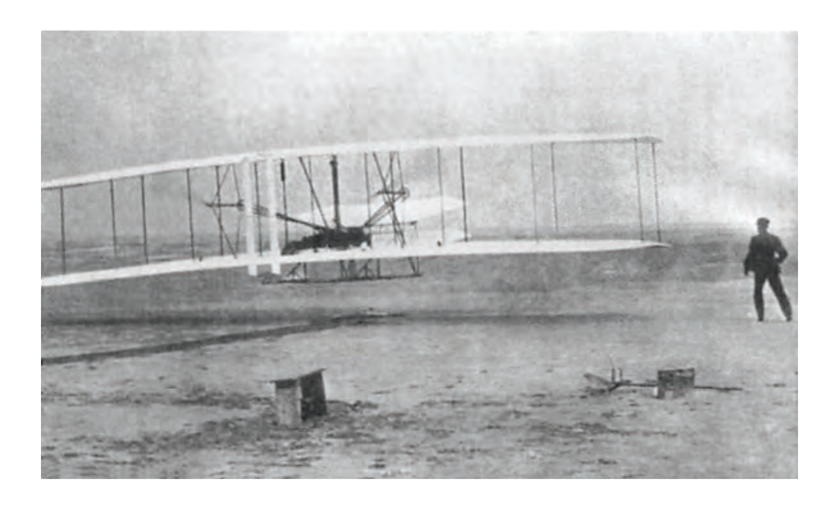
علاوة على عدد من الجسور والطرق في اسكتلندا. وفضل تلفورد طريقة خاصة في بناء الطرق تشتمل على استخدام أساسات ثقيلة؛ الأمر الذي جعل هذا الطراز من الطرق المحسنة يفوق الطاقة المالية لأكثر مؤسسات بوابات المكوس، ولكن هبطت عليهم منة من السماء عندما تقدم مشرف اسكتلندي يُدعى جون لودون ماك آدم بتخطيط لشكل أسهل في عملية التشييد مما جعلهم يستغنون عن الأساسات الثقيلة التي اقترحها تلفورد. وتتألف هذه الطريقة من سطح خارجي أو قشرة كتيمة مصمتة تغطي مجرًى تحتيًّا جيد الصرف. وميزة هذا النوع من الطرق أن له فائدة إضافية يتفوق بها على النوع الذي اقترحه تلفورد؛ ذلك أن السطح هنا له قدر من المرونة، مما يجعله يتحمل أكثر من سطح طريق قائمة على أسس غير مطواعة. وسرعان ما تأكدت الحاجة إلى خبرة ماك آدم في كل أنحاء البلاد، وأصبح هو وأسرته بحلول ثلاثينيات القرن التاسع عشر مسئولين عن إنشاء طرق محسنة طولها مئات الأميال.

وهكذا بدا في الظاهر أن مشكلات النقل المزمنة التي تعاني منها حركة النقل داخل البلاد بدأ التغلب عليها في بريطانيا؛ إذ أنشئت شبكة من القنوات قادرة على نقل سلع

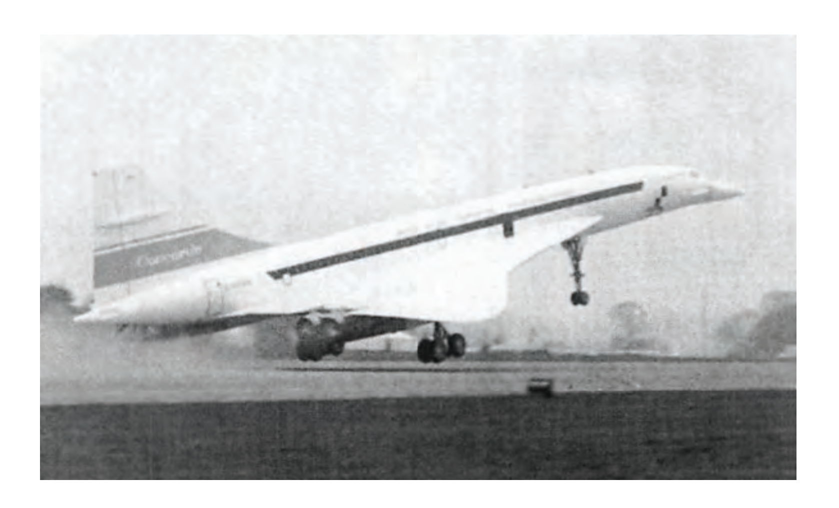


شكل ٧-١٤: مترولاند. من أهم استعمالات الجر بالقوة الكهربائية قطارات الأنفاق تحت الأرض. منذ العام ١٩٠٠م، وشبكة لندن للأنفاق تعتبر أهم طريق مواصلات للعمال داخل المدينة.

ثقيلة إلى جميع أنحاء المملكة، علاوة على شبكة مقابلة من الطرق الدائمة التي سهَّلت حركة الناس والبضائع الخفيفة. زد على هذا أن الطرق المُحسَّنة هيَّأت فرصة لنقل الركاب. واغتنم هذه الفرصة أصحاب المشروعات الذين بدءوا في تقديم خدمات نقل الركاب عن طريق مركبات سريعة. وتطورت هذه الحافلات، إذ طرأت عليها تغييرات سريعة منذ منتصف القرن الثامن عشر، واستخدمت هذه المركبات دواليب مقعرة وزنبركات جيدة التحمل فضلًا عن تغييرات منتظمة في مجموعات خيول الجر، وهيأت لها هذه التحسينات إمكان الحركة بسرعات غير مسبوقة لمسافات طويلة، واعتادت أن تحمل البريد والركاب



شكل ٧-١٥: أول محاولة طيران، صورة تاريخية لحظة الطيران أول مرة في ١٧ ديسمبر العام ١٩٠٣م. الطيار أورفيل رايت يحاول الهبوط وفقًا للتعليمات، ويقف أخوه بجوار المهبط.



شكل ٧-١٦: الكونكورد. الطائرة الأنجلو فرنسية هي الأولى والوحيدة للطيران الأسرع من الصوت. عملت بنجاح خلال العشرين عامًا الأخيرة. الصورة لنموذج الطائرة قبل الإنتاج وهي تقلع العام ١٩٧٠م، وتوضح محركاتها النفاثة وهي تندفع بأقوى طاقتها.



شكل ٧-١٧: الطيران عبر الفضاء. في المراحل الأولى صُنعت صواريخ كبيرة الحجم، باهظة التكلفة، وتُستعمل مرة واحدة، ولكن من المتوقع أن تعتمد رحلات استكشاف الفضاء مستقبلًا على مكوك الفضاء الأمريكي الذي يقوم برحلات عدة. والصورة لمكوك الفضاء أتلانتيس فوق منصة الإطلاق العام ١٩٩٠م.

القادرين على تحمل أعباء مختلفة من العربات الأصغر حجمًا لأداء أغراض أخرى داخل المدينة أو الأقاليم. وأصبحت مهنة بناء هذه الحافلات والعربات صناعة حرفية مزدهرة. وبحلول العقد الثاني من القرن التاسع عشر تركز الاهتمام بجدية على أسلوب التنقل عن طريق استخدام قوة البخار لجر الحافلات الأكبر حجمًا، وظهرت تصميمات عدة لحافلات لا تجرها الخيل، وإنما تتحرك بقوة دفع البخار فوق الطرق، ولقيت هذه التصميمات قدرًا كبيرًا من الاهتمام على الرغم من حدوث حالات انفجار للغلايات بين الحين والآخر



شكل ٧-١٨: الأرض تشرق على سطح القمر. كان القمر أول جرم في الفضاء يهبط عليه الإنسان، وحدث أول هبوط في ٢١ يوليو ١٩٦٩م. والصورة منظر من سفينة الفضاء أبولُّو ٨ وهي تدور حول القمر والأرض على بعد ربع مليون ميل.

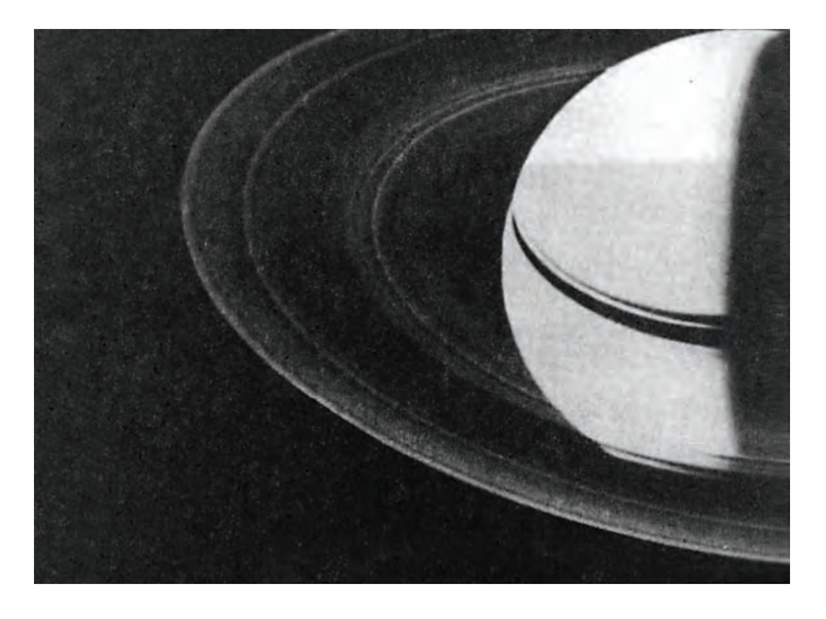
مما أفسد صورتها في عيون الناس، ولكن ظهرت عوامل أخرى بدأت تهدد مركبات السفر التقليدية، وتهدد المرور عبر القنوات آنذاك؛ ذلك أنه مع بداية العقد الثالث من القرن التاسع عشر بدأت الطرق والقنوات تعاني بقسوة من خطر شكل جديد للنقل، ويمثل منافسًا خطيرًا، وهو السكك الحديدية.

وسرعان ما استعادت الطرق مركزها واعتبارها بفضل المحرك داخلي الاحتراق، ولكن كانت هذه المنافسة هي القاضية تقريبًا على القنوات المائية بالنسبة لرخائها التجاري؛ إذ بعد فورة إنشاء القنوات في تسعينيات القرن الثامن عشر توقفت حركة الإنشاءات بسبب الحروب النابوليونية، ولكنها استؤنفت على نطاق محدود جدًّا بعد معركة ووترلو العام ١٨١٥م، واكتملت آنذاك عمليات بناء عدد من القنوات الكبرى مع عدد قليل من القنوات الجديدة، ولكن المستثمرين أحجموا عن رصد أموال للمشروعات الجديدة بعد أن طال انتظارهم لجني أي أرباح أو عوائد عن أسهمهم، وقنعوا بعد ذلك بالشبكة القائمة دون



شكل ٧-١٩: المريخ. استطاعت رحلة فايكنج أن تضع سفينتَي فضاء بسلام على سطح كوكب المريخ العام ١٩٧٩م، والتقطتا صورًا مذهلة مثل هذا المنظر لطبقة رقيقة من الماء المتجمد فوق الصخور والتربة.

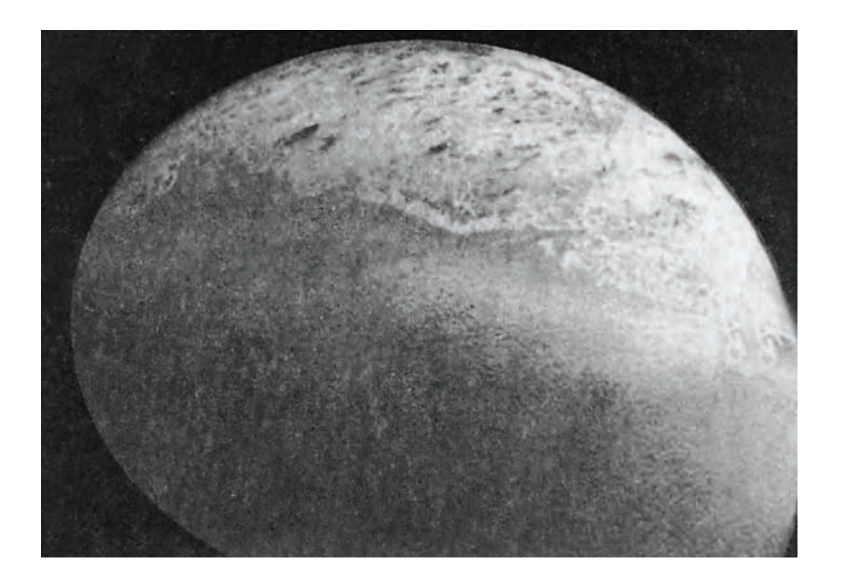
اهتمام بتحسينها أو حتى صيانتها. وكانت النتيجة أن أضحت القنوات في حالة يُرثى لها وعاجزة عن مقاومة المنافسة الجديدة من السكك الحديدية. وتدهورت حالة النقل، وخسرت الشركات المالكة للقنوات أموالها، ورأى أغلب المساهمين تعويض ذلك بالاتجاه إلى شركات السكك الحديدية أو التخلي عن كل شيء. ومع نهاية القرن التاسع عشر تضاءل شأن القنوات، وتوارت في الظل، واطردت حالة انهيارها بقسوة شديدة. وقيل آنذاك: لو أن القنوات بُنيت منذ الشروع فيها على نحو أوسع وأعمق لأمكن لها البقاء والاستمرار في أداء دورها لنقل السلع الثقيلة، علاوة على السكك الحديدية، أسوةً بما هو حادث في ألمانيا وإقليم الفلاندرز، ولكن مثل هذا الرأي يغفل طبيعة الظروف التي مرت بها القنوات المائية في بريطانيا، فضلًا عن أنه يفترض توافر موارد لم تكن متوافرة آنذاك، ويمكن القول إنها — بمعنًى من المعاني — تعاني من ظروف نشأتها وإبداعها أصلًا، وإن أفادت في تعليم الآخرين من بناة القنوات المائية كيف يمكنهم أداء دورهم بصورة أكثر اكتمالًا وشمولًا، ولكن يبدو من المحتمل أيضًا أن بريطانيا بحكم ظروفها كجزيرة منعزلة، وطوبوغرافيتها غير المستوية، هي أكثر ملاءمة لبناء شبكة من السكك الحديدية



شكل ٧-٢٠: زحل. سفينة الفضاء فوياجير٢ مرَّت عبر كوكب زحل في أغسطس ١٩٨١م. وكشفت الصور عن تفاصيل مذهلة غير معروفة عن الهالة الجميلة المحيطة بالكوكب.

من عمل قنوات مائية اصطناعية، ولكن أيًّا كانت الأسباب، فقد انهارت القنوات المائية سريعًا فور بناء خطوط السكك الحديدية.

وجدير بالملاحظة أن السكك الحديدية في أول عهدها أفادت موضوعيًّا فائدة كبيرة من خبرة مهندسي القنوات المائية؛ ذلك أن المهندسين المدنيين المسئولين عن تشييد القنوات امتلكوا، مع مطلع القرن التاسع عشر، ناصية جميع تقنيات شق الطرق والأنفاق وبناء السدود، وجميعها أعمال ضرورية لعمل مسار مستقيم ومستوٍ إلى حد كبير للقناة. وطَبَعي أنها أيضًا أعمال ملائمة تمامًا لبناة السكك الحديدية، علاوة على التقنيات الإدارية لإقامة شركات قانونية وتنظيم مصانع البناء الضخمة، وزيادة وتوجيه قوًى عاملة مهاجرة كبيرة العدد. وحدث في حالات كثيرة أن كان المهندسون أنفسهم هم المسئولين عن القنوات وعن السكك الحديدية مما سهَّل نقل الخبرة المتراكمة. كذلك أفادت خبرة بناء الطرق رجال السكك الحديدية خاصة عندما كانت حافلات الركاب مطلوبة للسكك الحديدية. وها هنا اتجه المسئولون عن التصميم إلى المسئولين عن صناعة الحافلات، واستخدموا في



شكل ٧-٢١: تريتون. التقطت سفينة الفضاء فوياجير٢ بعض الصور المذهلة الجميلة في أثناء مرورها بالقرب من تريتون، وهو أكبر الأقمار التابعة للكوكب نبتون. وتوضح الصورة وجود غلاف غازي، وغطاء جليدي عند القطبين، ونشاط بركاني.

الغالب العناصر نفسها المسئولة عن صناعتها. وإذا نظرنا إلى مجمل عملية التحول في مجال تكنولوجيا النقل في بريطانيا خلال العقدين الثاني والثالث من القرن التاسع عشر؛ نجد أمامنا صورة واضحة للإبداع التكنولوجي في ارتباطه خطوة خطوة بالتكنولوجيا الجديدة المتداخلة مباشرة مع التكنولوجيا القائمة في صورتها المكتملة، والتي تستعير منها الكثير من تقنياتها الأساسية. والخلاصة أن الأرض باتت مهيأة تمامًا لعصر السكك الحديدية الذي طلع فجره آنذاك.

وإذا كانت السكك الحديدية تمثل ابتكارًا مذهلًا في مجال تكنولوجيا القرن التاسع عشر، فإنها لم تكن شيئًا غير مسبوق برمتها؛ إذ كانت هناك قبل ذلك امتدادات لقضبان مزدوجة من الخشب أو الحديد الزهر داخل المناجم، ويسجل أجريكولا بعض هذه المسارات في رسومه التي يرجع تاريخها إلى منتصف القرن السادس عشر، ولكن الجديد هو الجمع بين مسار بقضبان حديدية مع قاطرة ميكانيكية في صورة محرك بخاري. وظهرت القاطرة ذات المحرك البخاري كتطبيق للبخار عالي الضغط. وكان المحرك ذو



شكل ٧-٢٢: الأرض سفينة فضاء. صورة للأرض من الفضاء الخارجي، لم يتوقع أحد أن تبدو بمثل هذا الجمال، والسحب والبحار تغطي أغلبها.

الضغط المنخفض هو المهيمن على سوق المحرك البخاري حتى العام ١٨٠٠م، وهو تاريخ انتهاء براءة اختراع بولتون ووات. وعلى الرغم من الخصائص المميزة لمحرك وات فإنه كان ضخمًا جدًّا بحيث يصعب نقله أو تحريكه، ومن ثم لا يلائم أغراض صناعة القاطرة. هذا على الرغم من أن وليام موردوخ نجح في صنع عربة ذات ثلاث عجلات ولها محرك بخاري صغير ناقل للحركة، ولكن وات ضاق بهذه التجربة، ولم يكن ثمة احتمال لتطويرها إلى مركبة ذات نفع. وظلت الحال على هذا الوضع حتى مطلع القرن التاسع عشر حتى نجح تريفيثيك في صنع ماكينة صغيرة عالية الضغط، وعمل على تنفيذها كقاطرة أو ناقلة للحركة فوق مسار لترام داخل منشآت منجم للفحم في جنوب ويلز. وواجه تريفيثيك مشكلات هائلة، مثال ذلك أن القضبان المصنوعة من الحديد الزهر كانت تتكسر من ثقل القاطرة، وأدت هذه المشكلات إلى التخلي مؤقتًا عن هذا النظام. ولم تبدأ القاطرة تحقق

تقدمًا حقيقيًّا إلا في خلال العقد الثاني من القرن. ومرة أخرى جاء التطور الرئيسي داخل منطقة منشآت منجم الفحم؛ إذ وقعت أهم التطورات داخل حقول فحم تاينسايد البريطانية، فقد استطاع جورج ستيفنسون بالتعاون مع عدد من المخترعين العاملين في هذا الحقل أن يُدخلوا تحسينات حاسمة، من ذلك تحويل البخار الخارج من الأسطوانة إلى أنبوب عادم الفرن لزيادة قوة الدفع، وكذلك تقوية المسارات باستخدام عوارض حجرية أو مخدات على مسافات متقاربة. وهكذا استطاع ستيفنسون أن يضع محركه الناقل للحركة رقم ١ للخدمة الفعلية في سكك حديد ستوكتون ودارلونجتون وقت افتتاحها العام ١٨٢٥م. وبعد أربع سنوات نجح ستيفنسون وابنه روبرت في صنع قاطرة جديدة باسم الصاروخ، والتي أضحت نموذجًا للسكك الحديدية في ليفربول ومانشستر. وكانت هذه هي أول سكك حديدية كاملة في العالم وقت افتتاحها العام ١٨٣٠م؛ إذ ضمت قاطرات ركاب وقاطرات شحن تعمل وفقًا لجدول مواعيد منتظمة. وهكذا أهلَّ عصر السكك الحديدية.

الصاروخ، بأسطواناته المائلة خارج الإطار، يُمثِّل مرحلة انتقالية فيما بين القاطرات الأولى بأسطواناتها الرأسية داخل هيكل الماكينة، وبين القاطرات الأكثر كفاءة وفعالية، التي بدأ ستيفنسون في إنتاجها فورًا بأعداد كبيرة للسكك الحديدية الأولى في العالم. وأخذت أسطوانات هذه الماكينات آخر الأمر النمط الأفقي، وهو ما أصبح أسلوبًا عامًّا؛ إذ كانت توضع في البداية داخل الهيكل تحت الغلاية لنقل الحركة إلى محور له ذراع، ولكن وُضعت بعد ذلك خارج الهيكل مع ربطها بعجلات الدفع بواسطة أذرع «كرنكات» خارجية. وبهذه الصورة بدأت القاطرة البخارية قرنًا من التطوير المفيد دون التخلي عن شيء مهم من النظام الذي وضعه جورج وروبرت ستيفنسون. وزادت المحركات زيادة ضخمة من حيث الحجم والقوة، ولكن القاطرات البخارية التي لا تزال تنتجها جمهورية الصين الشعبية، وهي آخر معاقل القوى البخارية في السكك الحديدية، كانت على النمط الرئيسي نفسه مثل تلك التي نفَّذها ستيفنسون في ثلاثينيات القرن.

وحدد آل ستيفنسون أيضًا العرض المعياري لمسار خط السكك الحديدية بحيث يكون ٤ أقدام و٨٫٥ بوصات، وهو العرض المعياري لمسار تاينسايد في منشآت الفحم حيث قاموا بأول تجاربهم. ونظرًا لأنهم تولوا هندسة العديد من خطوط السكك الحديدية البريطانية في عهدها الباكر، مثل سكك حديد لندن وبرمنجهام، فقد أكدوا أن هذا المقياس هو المقياس المعياري لكل المسارات التي تمت بعد ذلك. وطَبَعي أنه في ظل ظروف السوق

الحرة التي تطورت خلالها خطوط السكك الحديدية في بريطانيا؛ لم يكن هناك إلزام للشركات بأن تلتزم بمقياس العرض نفسه؛ ولهذا حاولت شركات عدة أن تختار مقاييس عرض مغايرة، سواء أكبر أم أصغر، ولكن خط السكك الحديد القومية الوحيد الذي بدأ بمقياس العرض المعياري الذي حدَّده ستيفنسون هو خط السكك الحديد الغربية العظمى الممتد من لندن إلى بريستول، ثم إلى الجنوب الغربي. وتحت تأثير مهندسها الشاب اللامع آي تي برونيل بُني هذا الخط على مقياس عرض «أعرض» بلغ سبع أقدام؛ إذ كان برونيل يتطلع إلى خدمة مركبة ركاب سريعة «إكسبريس»، وليس خط سكك حديدية خاص بمنشآت مناجم الفحم، ووضع حساباته لهذا الشأن. ورأى أن تحقيق هذا الهدف لا يستلزم فقط مسارًا مستويًا للغاية، وهو ما نفَّذه بالنسبة للقطاع الأكبر من الخط الرئيسي، بل يستلزم كذلك مقياس عرض واسعًا يمكن أن يعوض عن حالة المرونة الضعيفة لضغوطات الزنبركات المتاحة آنذاك للمعدات الدارجة على الخط الحديدي. وهكذا تبنى أهدافًا معقولة ونجح تمامًا في إنجازها، ولكن الفاصل في مقياس العرض في مسار السكك الحديدية الغربية العظمى، كشبكة قومية، وفي خطوط أخرى، سرعان ما تبين أنه كارثة تجارية. وترددت الحكومة في التدخل لمنع إنشاء خطوط أخرى تلتزم بالانحراف الذي حدث في مقياس عرض خطوط السكك الحديدية الغربية العظمى، ولكن ضغط المنافسة من جيران ومنافسي هذه الخطوط أجبرها على التحول والعودة إلى مقياس العرض المعياري في العام ١٨٩٢م.

وصدَّر آل ستيفنسون مقياس العرض المعياري إلى أوروبا نظرًا لدعوتهم لبناء أول خط حديدي في بلجيكا وفرنسا، ولكننا نجد تنوعًا أكثر في بلدان أخرى. مثال ذلك مقياس عرض أوسع قليلًا جدًّا في أيرلندا.

واستخدمت خطوط السكك الحديدية في الهند مقاييس عرض متعددة، ولا تزال هناك حتى اليوم مقاييس مختلفة لخطوط السكك الحديدية في الولايات المتحدة وكندا، كما أن الولايات الأسترالية تنفذ مقاييس عرض متنافرة إلى حد ما، ولكن باستثناء الأخطار والعقبات الناجمة عن التغييرات في مقياس العرض، فقد أثبتت خطوط السكك الحديدية نجاحًا باهرًا على مدى أكثر من مائة عام لتوفير شبكة نقل شملت كل أنحاء المعمورة. وأزاحت هذه الشبكة النقل البري والمائي عن وضع الهيمنة الذي تهيأ لهما بحلول العام ١٨٣٠م، وأصبح لشبكة السكك الحديدية أثرها القوي في تحول المجتمعات التي تنعم بخدماتها. ونعود لنقول كانت بريطانيا مهد الخبرة المتحققة عن هذا التحول؛ لأنها كانت الحاضنة لخطوط السكك الحديدية الوليدة، وهيأت سبل تطوير التقنيات الجديدة مع

إمكانات اختبارها فيما بين العامين ١٨٣٠م و١٨٥٠م. ولم يتوانَ المهندسون البريطانيون عن استثمار الطلب المتزايد على خبرتهم في بناء خطوط السكك الحديدية في أنحاء أخرى من العالم، وأن ينشروا منافع هذه الشبكات عبر البحار.

ولم يبدأ بناء الخط الرئيسي للسكك الحديدية في بريطانيا إلا خلال ثلاثينيات القرن التاسع عشر، ولكن بحلول منتصف القرن كانت الشبكة كلها كاملة. واستلزم هذا الإنجاز أولًا وقبل كل شيء زيادة غير مسبوقة في رأس المال المتاح للاستثمار الجديد. وقدم مستثمرون أفراد القسط الأكبر منه. ويشير هذا إلى تراكم الثروات في الاقتصاد البريطاني مع منتصف القرن التاسع عشر، كما يشير إلى حذر المستثمرين الذين عزفوا في السابق عن تقديم مواردهم للاستثمار الذي ينطوي على قدر من المضاربة. وهكذا كانت فورة انتعاش السكك الحديدية بمنزلة خط فاصل نفسي اتسمت به المواقف تجاه استخدام الثروة، وأدت إلى خلق سوق رأسمالية أكبر حجمًا، وأكثر مرونةً من تلك التي كانت في السابق. واستلزم هذا الإنجاز ثانيًا بُعدًا هندسيًّا جديدًا؛ فالمعروف أن خطوط السكك الحديدية تولى بناءها أساسًا مهندسون مدنيون هم خلفاء سميتون وتلفورد وآخرين ممن تولوا مسئولية بناء شبكة القنوات المائية، ولكن الملاحظ في ظل ظروف فورة الانتعاش خلال العقدين الثالث والرابع من القرن التاسع عشر زاد الطلب عن العرض، وحشد الرجال من مهن وصناعات أخرى ليزينوا النشرات الأولية الداعية إلى المساهمة، ولكي تكون تلك الإنجازات عملًا يستهوي لجان البرلمان.

علاوة على هذا، ومع اكتمال الطريق الدائم، حدث تحول في الشروط الهندسية؛ إذ إن السكك الحديدية، على خلاف القنوات المائية، لا يمكن أن تقع فريسة للإهمال، كما أن الحاجة الملحَّة المستمرة لقاطرات جديدة وللمعدات الدارجة على خطوط السكك الحديدية، كل هذا أدى إلى ظهور جيل جديد من مهندسي السكك الحديدية الذين كانوا في الأساس مهندسين ميكانيكيين. حقًّا كان هناك مهندسون ميكانيكيون بين الأعضاء المؤسسين لمؤسسة المهندسين المدنيين، واستمر كثيرون في الانضمام إليها كأعضاء، ولكن بحلول العام ١٨٤٧م تأكدت الحاجة إلى تشكيل رابطة لمهندسي السكك الحديدية، وترتب على هذا تشكيل مؤسسة المهندسين الميكانيكيين، وكان جورج ستيفنسون أول رئيس لها. وعلى الرغم من أن هذه الرابطة الجديدة لم تكن مقصورة فقط على السكك الحديدية فقد هيمن عليها مهندسون عاملون لدى شركات السكك الحديدية، وكان أكثرهم يعملون في ورش السكك الحديدية الجديدة الكبرى، والتي اضطُرت جميع الشركات إلى تأسيسها

لضمان الصيانة الكافية وتجديد المعدات، وأصبحت ورش السكك الحديدية هذه بمنزلة مصانع كبرى لإعداد المهندسين، ولتطوير الماكينات وتقنيات الإنتاج الكبير. وأفاد هذا كله فروعًا أخرى للهندسة، مثل هندسة صناعة السيارات والطائرات في مرحلة تالية.

وبينما كان توفير رأس مال جديد، وإنشاء منظور هندسي جديد نتيجتين ضروريتين ترتبتا على فورة انتعاش حركة بناء السكك الحديدية، فقد كانت هناك أيضًا نتائج اجتماعية مختلفة نبعت منها، نذكر من بينها سرعة وشدة التطور الحضري، ونوع العلاقات الاجتماعية القائمة عليها، وهذه نتائج من الأهمية بمكان، لذا سنعود إليها مرة أخرى في فصل تالٍ، ولكن الجدير ملاحظته في إطار ظهور وتطور حركة النقل بالسكك الحديدية الطبيعة العامة والبعيدة المدى لأثرها في المجتمع. لقد وفرت خطوط السكك الحديدية مرفقًا جديدًا وفريدًا للنقل الشخصي الذي حظي بتقدير كبير ليس فقط في البلدان الصناعية المتقدمة، بل أيضًا في بلدان أخرى مثل الهند. وأدى هذا بدوره إلى نشوء الحاجة إلى خدمات السكك الحديدية، مثل تشييد مبانٍ للمحطات وبوفيهات وتوفير مطبوعات للقراءة. وليس من قبيل المبالغة القول إنه مع نهاية القرن التاسع عشر دخلت السكك الحديدية في نسيج خيال أكثر سكان العالم خلال فترة وجيزة، على عكس الحال بالنسبة لأي ابتكار تكنولوجي سابق.

الفصل الثامن

النقل من القاطرة البخارية إلى الصاروخ

تكشف النظرة التطورية المتداخلة لتاريخ التكنولوجيا عن أنه حين تنضج مرحلة ما من التكنولوجيا، فإنها تمهد الأرض لكي تظهر ابتكارات جديدة تتجاوز ما سبقها. ونجد هذا واضحًا بجلاء في العديد من الأحداث الرائدة في تاريخ النقل في العالم الحديث. فالملاحظ أن الطريقة التي بُنيت بها القنوات المائية أعطت خبرة باتت تشكل أساسًا مهمًّا للتطورات التالية في هندسة السكك الحديدية. وسوف نبحث الآن نقلة أخرى أكثر أهمية وحسمًا، حسب المقاييس الكمية والكيفية، في المنحنى الصاعد لقدرات البشر على الانتقال، وعلى نقل بضائعهم وحاجياتهم، ونعني بذلك التحول من شبكة نقل يهيمن عليها المحرك البخاري إلى شبكة نقل يمثل فيها محرك الاحتراق الداخلي والكهرباء المصدرين المباشرين لتوليد القوى. وبدأت هذه النقلة في القرن التاسع عشر، ولكن القطاع الغالب منها اكتمل خلال القرن العشرين، ويجسدها ظهور السيارة والطائرة باعتبارهما الشكلين الرئيسيين للنقل. وطَبَعي أن لم تَختفِ القوى البخارية؛ إذ ظلت لها أهميتها الكبرى في صورة توربينات بخارية تولد الكهرباء، ولكن الملاحظ أنها في تطبيقاتها العملية في مجال النقل حل محلها بالكامل تقريبًا نظام الاحتراق الداخلي والكهرباء. وسوف يستعرض هذا الفصل التطبيق العملي لهذه الابتكارات في مجالَي شبكة السكك الحديدية والنقل البحري، ثم نعقب على هذا بتحليل أثر التكنولوجيا الجديدة في أكثر أشكالها تخصصًا، وهي السيارة والطائرة.

استمرت شبكة السكك الحديدية العالمية في النمو على مدى النصف الثاني من القرن التاسع عشر. وكانت القاطرة البخارية آنذاك هي المصدر العام لتوليد القوى المحركة في هذه الشبكة. ولعل الاستثناء الوحيد الذي له قدر من الأهمية هو إدخال نظام الجر الكهربائي في عدد من الخطوط القصيرة في أماكن محدودة واستعمالات خاصة، ولكن تزويد القاطرات بتيار كهربي خلق نوعًا من الأخطار الأمنية الجديدة، ومن ثم أخَّر أي

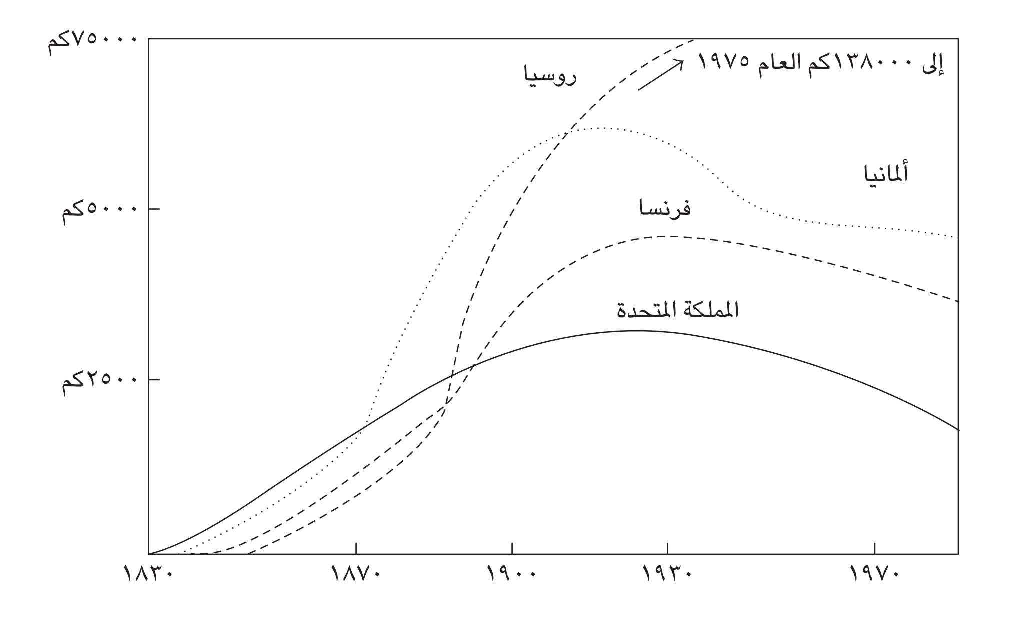
عملية تستهدف التحول العام إلى الكهرباء، ولكن وضح أن الكهرباء بالنسبة لأغراض معينة، مثل استخدام خطوط السكك الحديدية تحت الأرض في المدن الرئيسية، كان لها مزايا عدة وهائلة تفوق القاطرة البخارية التقليدية التي تنفث دخانًا. وهكذا استُخدمت الكهرباء في لندن لتشغيل الخط الرئيسي خلال تسعينيات القرن التاسع عشر، ولكن ظل البخار هو صاحب السيادة في الخطوط الرئيسية القائمة آنذاك، ولم يواجه تحديًا جادًّا إلا خلال السنوات فيما بين الحربين العالميتين، ولكن ظهر اتجاه لترشيد ودمج الشبكات القومية، ويرجع هذا من ناحية إلى تدابير الطوارئ في الحرب العالمية الثانية، كما يرجع من ناحية أخرى إلى نقص ربحية السكك الحديدية خلال سنوات ما بين الحربين. وأخذ هذا التعديل في بريطانيا شكل دمج قانوني لشركات السكك الحديدية الموجودة آنذاك، وعددها ١٢٣ شركة، أُدمجت في أربع مجموعات، ثم أصبحت جميعها بعد ذلك خاضعة لإدارة الدولة في العام ١٩٤٨م. وصادفت سكك حديد الجنوب تشجيعًا لاستحداث خدمة كهربية مباشرة منخفضة الفولتية في خطوط الضواحي في لندن، وذلك باستعمال قضيب ثالث مشحون بالكهرباء يكون حاملًا للتيار الكهربائي اللازم، ولكن ظل هذا الخط هو الحالة الوحيدة التي خرجت فيها بريطانيا عن سيادة البخار في السكك الحديدية حتى النصف الثاني من القرن العشرين.

وحدث في مناطق أخرى، خاصة في الولايات المتحدة حيث زيت الوقود متوافر وزهيد، أن حُوِّل عدد من خدمات الخطوط الأساسية إلى نظام الجر بمحرك الديزل، وظهر هذا النظام منافسًا خطيرًا للبخار خلال تلك السنوات. وبعد الحرب العالمية الثانية شرعت مؤسسات السكك الحديدية القومية الأوروبية في تجديد نفسها، وهنا وقع اختيارها على الكهرباء مصدرًا للقوى المحركة وأداةً للجر، مع استخدام تيار متناوب عالي الفولتية يسري في خطوط مُعلقة. واستخدمت هذا النظامَ أغلبُ خدمات السكك الحديدية السريعة الجديدة، مثل القطار الفرنسي فائق السرعة TVG والقطار الياباني المعروف باسم «القذيفة». ومدت الجهات المسئولة للقطار الفرنسي فائق السرعة خطًّا يصل مداه إلى مئات الأميال مع تجهيزات تسمح بالحركة فائقة السرعة دون توقف. واتجهت السكك الحديدية البريطانية إلى إنتاج وحدات ديزل متعددة ومتقدمة للعمل في الخدمة السريعة، ولكنها عمدت حتى هنا، وبقدر ما تسمح المنشآت، إلى تطبيق نظام الجر الكهربي مع استخدام الكابل المعلق. وعلى الرغم من استبعاد البخار من خدمة السكك الحديدية في جميع بلدان غرب أوروبا وأمريكا الشمالية، فإنه من المسلَّم به أن شبكات السكك الحديدية

التي تعمل بنظام الجر بمحرك ديزل أو كهربائي لا تزال أساسية في عالمنا الصناعي الذي يزداد ازدحامًا باطراد؛ ذلك أن هذا العالم تزداد حاجته إلى السرعة الفائقة في النقل داخل المدن، وكذا لنقل السلع بكميات كبيرة وكفاءة عالية.

ومع تطور شبكة السكك الحديدية شهد النقل البحري في الوقت نفسه توسعًا هائلًا، وتحولًا مكثفًا على مدى المائة والخمسين عامًا. وحريٌّ بنا أن نذكر أن البحر ظل على مدى قرون هو الشكل الذي يمكن للإنسان أن يتعامل معه كوسيلة للنقل الفعال على مدى مسافات طويلة. والمعروف أن غرب أوروبا استحدث السفينة كأداة حرب وأداة نقل بضائع، ونذكر هنا السفن التجارية التابعة لشركة الهند الشرقية، وسفن البحرية القومية التي كانت تمثل في مطلع القرن التاسع عشر ذروة التطور التكنولوجي في ضوء القيود التي تفرضها قوة الريح كقوة محركة، وعلاوة على بناء السفن من الخشب. وطَبَعي أن استخدام البخار كقوة دفع للسفن، والتحول إلى الحديد والصلب في بناء السفن أدى إلى تحول عميق في التكنولوجيا البحرية، سواء بالنسبة للسفن الحربية أو التجارية. وبعد جهود تجريبية عدة في بريطانيا وفرنسا بدأت أول سفينة بخارية دائمة في الإبحار على صفحة مياه نهر هدسون العام ١٨٠٧م، بقيادة الأمريكي روبرت فولتون الذي استخدم محرك بولتون ووات. وبعد ذلك بسنوات قليلة، أي في العام ١٨١٢م بدأ هنري بيل الاسكتلندي في تشغيل خط ناجح للبواخر على نهر كلايد عملت فيه باخرته كوميت. وكانت جميع هذه السفن البخارية تدفعها دواليب ذات أرياش (رفَّاصات)، والتي يمكن أن نعتبرها تعديلًا ملائمًا لتكنولوجيا الدولاب المائي الشائع (الساقية). ولم تحدث أي زيادة ملحوظة في حجم البواخر على مدى ثلاثة عقود؛ ذلك لأن الحجم الكبير كان يضيف مشكلات هائلة بشأن تخزين الوقود؛ ولهذا رُئي أنها غير عملية إلا للعمل عند مصبَّات الأنهار أو في مياه البحر قرب الشواطئ. ومع هذا بُنيت بواخر صغيرة كثيرة للعمل معديات لمسافات قصيرة، وسفن لأداء مهام محددة وإن جازفت بعضها بمحاولة القيام برحلات طويلة.

ولكن لم يتسنَّ التغلب على مشكلات النقل لمسافات طويلة بالبواخر إلا في العام ١٩٣٨م، عندما شرعت شركة البواخر الغربية العظمى في تشغيل خدمة عبر الأطلسي مُستخدِمةً أول باخرة ضخمة صمَّمها آي تي برونيل وبناها في بريستول. وكانت هذه السفينة لا تزال من الخشب يدفعها دولاب ذو أرياش (رفَّاص)، ولكن برونيل أجرى عملية حسابية صحيحة تفيد أن حجم الفراغ اللازم لحمل الوقود سوف يقل في تناسب



شكل ٨-١: خطوط سكك حديدية قابلة للامتداد (المصدر Brian R. Mitchell (C. European Historical (Statistics 1750–1975).

مع الحجم الكلي كلما زاد حجم السفينة. والنتيجة أن السفينة وصلت إلى نيويورك بعد إبحارها من بريستول ولا تزال تحمل كمية من الفحم المتبقي في مخزن الوقود. وأدى نجاح هذه التجربة إلى فورة في الطلب على بناء البواخر. وكان برونيل جاهزًا لبناء سفينة مماثلة لتلك التي قطعت الرحلة إلى نيويورك، ولكنه بدلًا من هذا بنى سفينة ليست فقط أكبر حجمًا من سابقتها، بل هي الأولى المصنوعة من الحديد، وكذلك هي الأولى التي تستخدم نظام الدفع المروحي. وطَبَعي أن سفينة تشتمل على كل هذه الابتكارات المذهلة لا بد أن تواجهها مشكلات عدة، ولكن الشيء الجدير بالانتباه حقًّا بشأن هذه السفينة أنها تغلبت على جميع المشكلات حتى إنها ظلت تعمل زمنًا طويلًا، ثم عادت إلى بريستول موطن بنائها وميلادها لتبقى ذخرًا وتراثًا مميزًا. وقامت هذه السفينة بأولى رحلاتها عبر الأطلسي العام ١٨٤٣م، وعملت بنجاح كبير من ليفربول إلى نيويورك ثم بعد ذلك إلى أستراليا.

واتجه برونيل إلى تصميم باخرة ثالثة تحمل اسم SS Great Eastern. وحاول هنا حل مشكلة بناء سفينة قادرة على حمل وقودها في رحلة تدور حول رأس الرجاء الصالح في الطريق إلى الهند ثم الشرق الأقصى. وتصوَّر، وصولًا إلى هدفه، بناء سفينة طولها ٦٠٠ قدم مع إزاحة ٢٢٥٠٠ طن مياه، وبذا تكون أكبر من أي سفينة أخرى بُنيت خلال القرن التاسع عشر، وجهَّزها بهيكل حديدي مزدوج مع مجموعتين من المحركات البخارية بحيث تدفع إحدى المجموعتين مروحة مفردة، وتمد الثانية بالقوة المحركة مجموعة ضخمة من الرفَّاصات. واستهدف بهذه الازدواجية أن يهيئ للسفينة أقصى قدر ممكن من القدرة على المناورة في مواجهة أي ظروف تفرضها منشآت المرفأ، ومهما كان ارتفاع المياه إذا ما كانت حمولتها صغيرة. وثبت نجاح التصميم؛ إذ إن السفينة إس إس جريت إيسترن أثبتت، على الرغم من حجمها الهائل، قدرتها على القيام بمناورات شديدة الدقة مما جعل منها مثلًا أعلى لسفينة مخصصة لمد الكابلات في أعماق البحر. وكان هذا، من وجهة نظر تجارية، الشيء الوحيد الذي أنجزته؛ إذ سرعان ما تبيَّن أن السفينة كبيرةُ الحجم جدًّا في ضوء حركة النقل اللازمة في منتصف القرن التاسع عشر. علاوة على أنها كانت أقل كفاءة من السفن الصغيرة التي بدأت الخدمة خلال الوقت نفسه، ومجهزة بمحركات مركبة.

وقامت السفينة جريت إيسترن بباكورة رحلاتها فور وفاة برونيل الذي وافته المنية مبكرةً في العام ١٨٥٩م. وبحلول هذا التاريخ بدأت سفن جديدة تطبق نظام التوصيل المركب كوسيلة لزيادة كفاءة محركاتها البخارية مُستخدِمةً البخار مرتين داخل أسطوانتين متتابعتين؛ إحداهما ذات ضغط عالٍ، والأخرى ذات ضغط منخفض. وسبق أن استُخدم هذا النظام في كثير من المحركات البخارية في المصانع الكبيرة، ولكنه واجه مشكلات بشأن ملاءمته للتصميمات المدمجة الصغيرة التي تلائم الاستعمالات البحرية مع ما يترتب على هذا من زيادة ضغط الغلايات، ولكن لم تكد عملية التحول تبدأ حتى ظهر أن غالبية المحركات غير المركبة عديمة الكفاءة ومضيعة للجهد؛ لهذا سرعان ما تم التخلي عنها. وهكذا لم تعمر السفينة جريت إيسترن طويلًا كسفينة لمد الكابلات. وبدأ مستقبل الملاحة البخارية يعتمد على الكفاءة أكثر من الحجم؛ ولهذا تم تجاوز المحركات المركبة لتحل محلها محركات ثلاثية التمدد، وذلك في سبعينيات القرن التاسع عشر، وهنا يمر البخار خلال ثلاث أسطوانات ذات ضغوط متوالية الانخفاض. وكان من المعتقَد نظريًّا إمكان تركيب أي عدد من الأسطوانات، وبالفعل رُكبت بضعة محركات رباعية التمدد لأغراض ملاحية بحرية، ولكن ثبت عمليًّا أن المفقود من التبادل الحراري والاحتكاك جعل

أي إضافة جديدة ذات أثر هامشي بالنسبة لكفاءة العمل. وهكذا أصبح المحرك ثلاثي التمدد هو المعيار بالنسبة للاستعمالات البحرية إلى أن استُخدم نظام التوربين البخاري.

واستطاعت البواخر بفضل ابتكارات برونيل أن تنتزع من السفن الشراعية القدر الأعظم من حركة نقل البضائع والركاب عبر شمال الأطلسي. هذا علاوة على أن بداية استخدام المحركات ثلاثية التمدد جعل البواخر منافِسة للسفن الشراعية، حتى بالنسبة للطرق الطويلة الممتدة من بلدان الشرق الأقصى، مثل طرق تجارة الشاي مع الصين، وهي التجارة التي احتكرتها السفن الشراعية. نعم لم تكن البواخر المحسَّنة قادرة على السفر بسرعة السفن الشراعية، ولكن لم تكد قناة السويس تُفتتح في العام ١٨٦٩م حتى أصبح بإمكانها استخدام طريق أقصر كثيرًا من الطرق التي تستخدمها السفن الشراعية التي كان يتعين عليها أن تتوقف حينًا أو تهدئ من حركتها في البحر الأحمر. هذا علاوة على أن السفن البخارية حققت ميزة موضوعية نظرًا لقدرتها على تحديد مواعيدها بدقة، والاعتماد بثقة كبيرة عليها. وهكذا انعقد لواء النصر بالكامل لمصلحة البخار على الشراع مع نهاية القرن التاسع عشر.

ولكن لم تَدُم طويلًا فرحة مُلاك السفن التي تعمل بمحركات بخارية ترددية ثلاثية التمدد؛ ففي تسعينيات القرن التاسع عشر ظهر التوربين البخاري ليمثل أقوى شكل لقوة الدفع البحري خاصة في الاستعمالات الضخمة. وأكد شارلس بارسونز أن بإمكان التوربين أن يحقق سرعات أعلى من أي محرك بخاري ترددي معروف، وأثبت ذلك عن طريق اليخت البخاري التجريبي الذي يملكه ويحمل اسم «توربينيا». وأثار هذا اليخت حماسة من شاهدوه في يوبيل العرض البحري العام ١٨٩٧م. ولم يكد يمضي عقد حتى استخدم كونارد التوربين البخاري لتسيير سفينة جديدة تحمل اسم إس إس موريتانيا، والتي أقلعت العام ١٩٠٦م بتوربينات قوتها ٧٠ ألف حصان، وبسرعة ٢٧ عقدة. والجدير ذكره أن أساطيل العالم كانت آنذاك في وضع منافسة شديدة استعدادًا لحرب وشيكة، وأدى هذا الوضع إلى التحول السريع إلى التوربينات البخارية لتسيير السفن الكبيرة، وجُهزت غالبية الجيل التالي من السفن الضخمة بمثل هذه التوربينات. واستمر استخدام المحركات ثلاثية التمدد في السفن متوسطة الحجم على مدى سنوات ما بين الحربين، ثم بدأت تواجه تحديًا من جانب المحركات داخلية الاحتراق. وكان رودولف ديزل قد استحدث شكلًا جديدًا من أول محرك صنعه وهو محرك حارق زيتي عالي الانضغاط، وأعدَّه خصوصًا للعمل في الغواصات، ولكن سرعان ما ثبت أنه يمثل وحدة قوًى محركة رائعة لأي سفينة صغيرة أو

متوسطة، وطُوِّر بعد ذلك ليمثل تحديًا واضحًا للتوربين البخاري حتى في أضخم مجالات الاستعمال البحري. وهكذا أضحت جميع السفن الضخمة تعمل بقوة الديزل.

وشهد النقل البحري تحولًا في مجالات أخرى مثلما حدث في وحدات القوى المحركة. وسبق أن أشرنا إلى استخدام الحديد والصلب في بناء السفن؛ الحديد في أربعينيات القرن التاسع عشر، والصلب عندما أصبح ميسورًا بكميات كبيرة خلال الربع الأخير من القرن التاسع عشر. وأدى هذا التحول إلى نقل عمليات بناء السفن من مناطق مصبَّات الأنهار المليئة بالأحراج، ومن الموانئ التقليدية المجاورة، إلى مناطق أخرى سهلة الوصول إلى مصانع إنتاج الحديد والصلب. وأصبحت صناعة السفن إحدى الصناعات الثقيلة المرتبطة ارتباطًا وثيقًا بأفران الحديد ومناجم الفحم والهندسة الميكانيكية. وأصبحت العملية الأساسية فيها، وهي بناء هيكل السفينة وإنشاءاتها العلوية، عملية تستلزم قوًى عاملة مكثفة، فضلًا عمَّا تثيره من جلبة؛ إذ كانت تضم جيوشًا من عمال البرشمة الذين يُحدِثون ضجة تُصِم الآذان، ولكن تغيَّر هذا كله بعد الحرب العالمية الثانية مع استخدام نظام اللحام الذي جعل من عمليات بناء السفن عمليات هادئة نسبيًّا، ولكن بحلول هذا الوقت حدثت تغيرات هيكلية أخرى في السوق المحلية أدت إلى نقص مفاجئ في الطلب على السفن الجديدة، ومن ثم دخلت الصناعة في حالة هبوط امتدت زمنًا طويلًا. وأحد أسباب هذا الهبوط هو توقف خطوط نقل المسافرين بعد التحول إلى خطوط الطيران الأسرع كثيرًا. وسبب ثانٍ هو المنافسة من جانب ترسانات بناء السفن في البلدان النامية التي استطاعت أن تبني حاملات صهاريج وحاويات بتكلفة أقل من تكاليف بنائها في الغرب، ولكن في جميع الأحوال لم تشهد الصناعة نهاية التحولات الكاسحة التي أثَّرت في النقل البحري على مدى فترة القرن ونصف القرن الأخيرة.

يكاد يكون من المستحيل التفكير في المحرك داخلي الاحتراق دون أن نفكر في السيارة أو الطائرة. ولدينا فعلًا السبب الذي يبرر لنا الإشارة إليهما عند الحديث عن ذلك النمط الجديد جذريًّا الذي تحولت إليه شبكات النقل العالمية في القرن العشرين، ولكن هذه الاختراعات جديرة بأن نفكر فيها لذاتها وفي ضوئها. إن الشيء الحاسم فيما يتعلق بالسيارة هو أنها أَحْيت بعد مواتٍ شبكاتِ النقل البري — التي ذَوَت إثر منافسة السكك الحديدية — ومن ثم أَفْضت إلى زيادة شاملة في التسهيلات اللازمة لنقل الأشخاص ولحركة البضائع بما يتناسب مع راحة وموقع العملاء. واستمرت صيانة الطرق حتى مع تدهور خدماتها، وتحملت السلطات المحلية والقومية القسط الأكبر من هذه المسئولية

خلال النصف الثاني من القرن التاسع عشر. وبات من المسلَّم به بعد إصلاحات نابوليون الأول أن كثيرًا من الطرق الأوروبية طرق ذات أهمية استراتيجية، ومن ثم جرت صيانتها رغبةً في تيسير الحركة السريعة للجيوش عند الضرورة. وهكذا توافرت شبكة من الطرق التي يمكن الاعتماد عليها بعد تجربتها. ولا ريب في أن الحافلات البخارية تطورت في بريطانيا خلال عشرينيات وثلاثينيات القرن التاسع عشر على يد كل من والتر هانكوك وسير جولد سوارتي جورني وآخرين، وتحولت إلى شبكات نقل دائمة، ولكن الجمع بين المشكلات الميكانيكية، والتعارض بين الاهتمامات الخاصة بمسئولية كل من السكك الحديدية والطرق زادا من صعوبة هذا التحول. وتناول التشريع البريطاني هذه المشكلات بأن حظر على أي عربة ميكانيكية التحرك بأسرع من سرعة المشي على قدمين فوق الأرض. هكذا نجد في الوقت الذي تطورت فيه محركات الحرب بالبخار، بل الهراسات التي تعمل بالبخار؛ لم تُبذل أي محاولة لتحدي هيمنة السكك الحديدية عن طريق خدمة نقل سريعة.

ولكن تجدد الأمل في الاهتمام بوسائل النقل البري الميكانيكية، وحدث هذا في صورة رِدة مفاجئة إلى قوة الحركة البشرية في صورة الدراجة. وسبق هذا اختراع عربة يد ثلاثية العجلات توافرت بها إمكانات جيروسكوبية، أي إمكانات حفظ الموازنة الآمنة فوق دولابين دوارين. وبحلول ثمانينيات القرن التاسع عشر شاع استخدام الدراجة العادية ومعها أنواع أخرى تشتمل على عجلات ذات أحجام مختلفة، وكانت الدراجة الآمنة ذات عجلتين متساويتين يتحكم فيهما كابح (فرملة) من السلك، ومثبَّت على محملين كرويين بحيث يمكن تحريك ودفع العجلة الخلفية بدواستين وسلسلة أو جنزير من المحور المركزي، ويلتفُّ حول العجلتين إطاران بهما هواء مضغوط، وإطار معين الشكل من الفولاذ الأنبوبي. وتطورت الدراجة سريعًا لتصبح النمط المعياري السائد في القرن التالي. وتكفي هنا الإشارة إلى الدراجة باعتبارها نتاج الصناعة الهندسية التي نضجت وشرعت في البحث عن الوفاء بالطلب المتزايد من العميل من أجل وسيلة نقل شخصية سهلة وملائمة. وقد لا يساورنا شك كبير في أنها أعانت الناس، خاصةً الشباب والنساء، على الارتحال خلال مسافات أوسع نطاقًا من السابق. وهكذا تولَّد مطلب جديد من أجل مزيد من الحرية مستقبلًا.

ولن يساورنا شك أيضًا في أن السيارة أفادت فائدة موضوعية من الدراجة السابقة عليها، ليس فقط من حيث خلق سوق لزبائن محتملين، بل أيضًا من حيث الخبرة

الميكانيكية؛ ذلك أن صناعة السيارة استخدمت أيضًا قدرًا كبيرًا من تقنيات صناعة وتشكيل الدراجة. ونلاحظ في حالات كثيرة أن المؤسسات التي كانت تصنع الدراجات هي ذاتها تحولت إلى صناعة محرك السيارة. وأيًّا كانت الطبيعة الدقيقة في هذه العلاقة المشتركة فإن السيارة يقينًا اقتفت أثر الدراجة. ونذكر هنا اثنين من المهندسين الألمان لا يعرف أحدهما الآخر، استطاعا تعديل وملاءمة محرك بنزيني يعمل بنجاح بالنسبة للمركبات البرية؛ فقد أنتج جوتليب ديملر أول دراجة بخارية تعمل بمحرك، كما أنتج كارل بنز أول سيارة بمحرك، وأنجز الاثنان إنتاجهما العام ١٨٨٥م. وإن النظر إلى هذه الاختراعات على أنها استلهمت مجموعات من أجزاء موجودة في السابق ليس من شأنه مطلقًا أن ينقص من أصالتها؛ ذلك أن المركبة البرية، سواء كان يجرها حصان أو قوة بشرية، كانت لها في السابق الغلبة والسيادة على سوق مهمة. وجدير بالملاحظة أن المحرك داخلي الاحتراق الذي جاءت هندسته حسب نموذج المحرك البخاري استمر في التطور باطراد منذ أن اخترع لينوار المحرك داخلي الاحتراق العام ١٨٥٩م. وكانت الخطة هي محاولة الجمع بين الاثنين، ولكن لوحظ أن الاحتراق الداخلي كلما ظل معتمدًا على غاز الاستصباح كوقود له ظل مرتبطًا بمصدر الإمداد، وهو عادة مصانع إنتاج الغاز، ولكن التوصل إلى الوقود الزيتي فتح الطريق إلى الوصول إلى محرك داخلي الاحتراق وقادر على التحرك، وحمل تموينه من الوقود داخل صهريج فوق المركبة. وكان المحرك البنزيني تحديدًا له كاربوريتور (اخترعه فيلهلم مايباخ الذي كان يعمل مع ديملر) يرش الوقود قبل حقنه إلى داخل الأسطوانة. وتحقق بفضل هذه الآلية وجود محرك متعدد الاستعمالات وملائم لتثبيته في المركبات البرية والدراجات.

وسرعان ما تحقق هذا الأمل؛ إذ نجح ديملر وبنز، حيث أخفق الآخرون، في عمل التوافقات اللازمة. وتلقَّف رجال الصناعة نجاحهما في إنتاج أول «مركبة لا يجرها حصان». وانتشر إنتاجهما سريعًا، واستثمره رجال الصناعة خاصةً في ألمانيا وفرنسا والولايات المتحدة، ولكن كانت الاستجابة الأولى في بريطانيا أبطأ كثيرًا، وسبب ذلك — من ناحية — الارتباط القوي بالمحرك البخاري هناك، ثم — من ناحية أخرى — القيود التشريعية المفروضة على المركبات البرية التي تسير بقوة دفع ميكانيكية، ولكن تعديل القانون في العام ١٨٩٦م مكَّن المهندسين ورجال الصناعة في بريطانيا من أن يلحقوا بموجة صناعة السيارات. ومع مطلع القرن العشرين لمعت كل الأسماء المشهورة من الجيل الأول في صناعة وإنتاج السيارات؛ ديملر وبنز في ألمانيا، وبيجو وبانهارد-ليفاسور ورينو في فرنسا، وأولدز وفورد في أمريكا، وروفر ولانشستر ورولز رويس في بريطانيا.

وشرع دنلوب وميشلان في إنتاج إطارات الهواء المضغوط، وأنتج بوش وديلكو ولوكاس المكونات الكهربائية. واختفت النماذج الأولى من العربة ذات العجلات الثلاث التي تسير من دون حصان، وأخذت السيارة شكلها المعياري فوق أربع عجلات متماثلة الحجم، والمحرك في المقدمة لينقل قوة الدفع من خلال صندوق تروس (جيربوكس) تداويرية فوقية، إلى مجموعة تروس تفاضلية فوق المحور الخلفي. ووُجِّهت السيارة بواسطة عجلة عند المقعد الأمامي، وجُهِّزت بكابحة (فرملة) عن طريق أسطوانات فوق العجلات ذات الكابح السلكي وسندات محمل كريات، وإطارات الهواء المضغوط مثلها مثل الدراجة. وصُنع بدن السيارة من هيكل فولاذي، وتتصل التركيبات الكهربائية ببطارية، ومن بينها عملية إشعال المحرك. ويتألف المحرك غالبًا من محرك بنزيني رباعي الأشواط، ويعمل وفقًا لدورة أوتو رباعية الأشواط، هذا على الرغم من وجود محركات ثنائية الأشواط ولكنها أصبحت هي المحركات المعيارية للدراجة البخارية. ثم صُنعت بعد ذلك محركات ديزل زيتية داخلية الاحتراق ذات أحجام صغيرة مما جعلها منافسة لاستعمالها في السيارات.

وتمثل هذه السيارة النموذجية القَسَمة البارزة المميزة لتكنولوجيا النقل البري في القرن العشرين. وطرأت عليها تغيرات لا حصر لها من حيث الشكل والحجم، والمحركات المثبَّتة في مؤخرة السيارة، والمحركات المستعرضة، ومحركات وانكل (وهو محرك ذو كبَّاس دوَّار حظي بشهرة محدودة خلال ستينيات القرن العشرين)، ومحركات ذات توربينة غاز مستوية، ولكن النموذج الأساسي الذي استقر في مطلع القرن لا يزال دون تغيير، وأصبح له تصميم مستقر بصورة ملحوظة، ونال هذا النموذج شهرة واسعة، مما يعني أنه أصبح يمثل صناعة مهمة واسعة النطاق، ومن ثم ملائمًا لتكنولوجيا الإنتاج الكبير. وأثبت هنري فورد أن عملية صناعة وتجميع السيارة برُمَّتها يمكن إنجازها ضمن عملية واحدة متكاملة بطريقة دقيقة، بكل ما تشتمل عليه من أدوات آلية مصمَّمة خصوصًا لذلك، وسير التجميع المتحرك. وظهر أول إنتاج كبير لسياراته من خطوط الإنتاج التي أنشأها في دير بورن في ميتشجان العام ١٩٠٣م، وبدأ العام ١٩٠٨م في صنع نموذجه المعروف باسم «النموذج تي» الذي أنتج منه ١٥ مليون وحدة حتى العام ١٩٢٧م.

ويمثل رخص الثمن سر نجاح فورد وغيره من رواد صناعة السيارات الذين اقتدوا به في غرب أوروبا والبلدان الأخرى؛ إذ لكي نبرر الإنتاج الكبير كان لا بد أن تصبح السيارة في حدود الإمكانات المالية للناس الذين صنعوها والذين يؤلفون هم وأترابهم في الصناعات الأخرى السوق المحتملة. وأثر هذا تأثيرًا قويًّا في الأجور وعلاقات العمل، كما أثار الانتباه إلى عدد من الأمور الدقيقة الخاصة بإدارة العاملين في مجال الصناعة. ولفتت

الأنظار كذلك إلى وسائل الارتفاع بمستوى السمعة، وإلى طرق بارعة في الإعلان لدى المنتجات المنافسة. وهكذا أصبحت السيارة قَسَمة شائعة مميزة لمجتمع القرن العشرين، وغيرت معالم الحياة في المدينة والريف، كما هيأت الإمكانات للسفر من أجل العمل في أماكن قاصية أو لقضاء وقت الفراغ. ونضجت تكنولوجيا السيارات سريعًا وفي وقت مبكر، واستقرت على مدى القرن بصورة غير مسبوقة، ولم تظهر حتى أواخر القرن العشرين أي وسيلة أخرى منافسة. حقًّا إن حدوث ارتفاع كبير في أسعار وقود البنزين من شأنه أن يشجع على استحداث بدائل أخرى غير المحرك داخلي الاحتراق كأداة دفع، مثال ذلك استعمال محركات كهربائية أو محركات بخارية. والمعروف أن كلًّا من الكهرباء والبخار كانا قد وفَّرا الفرصة لمنافسة قوية لغير مصلحة المحرك البنزيني في مطلع القرن العشرين، غير أن الحاجة إلى حمل كميات من البطاريات أو حمل وحدة لتوليد البخار أضعفت هذا التحدي، ولكن تغير الظروف خاصة مظاهر القلق بشأن البيئة الآن، فيما يتعلق بانبعاث الغازات الملوثة، يمكن أن يهيئ فرصًا جديدة، ولكن أيًّا كان مصدر توليد الطاقة فإننا لا نرى ما يشير إلى احتمال نقص شعبية السيارة كوسيلة نقل شخصية بكل ما توفره من أسباب الراحة.

وتمثل الطائرة ثاني الانتصارات التكنولوجية العظمى التي حققها المحرك داخلي الاحتراق في القرن العشرين، فها هنا، وللمرة الثانية، نلحظ أهمية كبرى في تلاقي العديد من خطوط التطور؛ خبرة أجيال عدة من الملاحين الجويين الذين اقتفوا أثر النجاح الذي حققه الأخَوان مونتجولفاير في التحليق بالبالونات منذ العام ١٧٨٣م (من الأهمية بمكان هنا ذكر أن كلًّا من البالونات التي تُدار بالهواء الساخن والبالونات الممتلئة بالغاز إنما استلهمت البحوث العلمية المعاصرة بشأن تكوين الغلاف الغازي للكرة الأرضية والغازات المختلطة به). ونذكر أيضًا من التطورات الأخرى اكتشاف مبادئ علم الديناميكا الهوائية على أيدي رُواد من أمثال جورج كايلي، وملاح الطيران الشراعي أوتو ليلينتال، وكذلك تطور محركات البنزين التي تميزت بخفة الوزن والاعتمادية، ولكن الطائرة اشتملت أيضًا على عناصر جديدة مذهلة. ونذكر أن أول رحلة طيران أمكن التحكم فيها بنجاح قام بها الأخَوان رايت في ديسمبر ١٩٠٣م، وتُعتبر هذه الرحلة لحظة من اللحظات النادرة في تاريخ التكنولوجيا؛ إذ تمثِّل إنجازًا لمفهوم جديد تمامًا، لقد استوعب الأخَوان ويلبور وأورفيل رايت خبرة الماضي نظريًّا وعمليًّا، ولكنهما مع هذا حَرصا على رصد الطريقة التي امتلكت بها ناصية التحليق والطيران في الجو طيورٌ مختلفة، مثل طائر النورس

وغيره، وعَمدا بنجاح إلى محاكاة هذه الطيور، وأضافا شيئًا مميزًا ومختلفًا عن أي شيء آخر لم يحدث من قبل؛ ذلك أنهما لم يكتفيا بالتحليق فقط، بل أضافا القدرة على التحكم في طيرانهما. واقتضى الأمر مرور بعض الوقت قبل أن يشيع هذا الإنجاز، وسبب ذلك احتفاظ الأخوين بهذا الإنجاز سرًّا إلى حين تأكيد حقهما في براءة الاختراع، ولكن بحلول العام ١٩٠٨م شاهد تحليقَهما عديدٌ من الأوروبيين والأمريكيين الراغبين في أن يصبحوا طيارين ويعتزمون تحقيق رغبتهم. وبدأ هؤلاء في محاكاة الأخوين، علاوة على العمل على تحسين التصميمات الفنية. وكانت هذه هي الحال تحديدًا في فرنسا، حيث اكتسب رُواد من أمثال هنري فارمان ولويس بليريوت خبرة كبيرة من محاولات الطيران، علاوة على قيام عديد من أصحاب المصانع باستحداث محركات واعدة، ولكن هذا لا ينفي أنه كان هناك رُواد بريطانيون وألمان نشطوا في هذا المضمار. وكانت النتيجة أنه أُجريت تجارب على مدى ست سنوات لبناء أنواع مختلفة من هياكل الطائرات، من بينها طائرات أحادية السطح، مثل تلك الطائرة التي عبر بها بليريوت القنال الإنجليزي العام ١٩٠٩م. وأُجريت كذلك تجارب لإنتاج محركات هوائية، مثل المحرك الدوَّار الذي لقي رواجًا كبيرًا على مدى سنوات عدة؛ ذلك لأنه عن طريق تدوير الأسطوانات بالمروحة أحدث تبريدًا ذاتيًّا. وعندما اندلعت الحرب العالمية الأولى العام ١٩١٤م لم يكن معروفًا بدقة وبشكل مباشر طبيعة ونوع الدور الذي يمكن أن تؤديهما الطائرة أكثر من كونها وسيلة رصد واستكشاف. ولكن التطور السريع في الحرب الجوية كان حافزًا قويًّا جدًّا لصناعة الطائرات. وأدت هذه الحاجة إلى غربلة جميع الجهود الرائدة، وفرز أهم وأقوى التصميمات وأقدرها على أداء مهام متعددة، ولم يكد العام ١٩١٨م يحل حتى ظهرت إلى الوجود صناعة مهمة للطائرات في جميع البلدان المحاربة، وأُنتجت مجموعات متنوعة من الماكينات ذات قوة دفع عالية، وهياكل معدنية لعمل طائرات مقاتلة وقاذفة، وأيضًا لعمل طائرات نقل.

والمعروف أن الاستخدامات المدنية لا يمكنها أن تواكب مباشرةً منتجات هذه الصناعة؛ لهذا نلحظ نقصًا في الإنتاج، وتبديدًا للخبرات فور انتهاء الحرب. غير أن تحويل الطائرات الحربية القاذفة إلى طائرات لنقل الركاب سرعان ما أثبت إمكان إنشاء خطوط للطيران المدني، وظهرت بوضوح حاجة لا تشبع إلى السرعة في الانتقال، مما أكد لأصحاب المصانع أن ثمة أسواقًا مضمونة. وهكذا ظهر جيل جديد من الخطوط الجوية التي صُممت خصوصًا للوفاء بمتطلبات نقل الركاب، واحتل مكان الريادة في هذا التطوير رجال صناعة أمريكيون من أمثال دوجلاس وبوينج. وتميزت الطائرات الجديدة بأنها طائرات

أحادية السطح، وجناحها السفلي من المعدن بالكامل، ولها محركان أو أكثر. وظلت الطائرات ثنائية السطح هي المعيار السائد طوال الحرب. ولكن توافر هياكل معدنية أقوى وأكثر صلابة سمح بتصميم أجنحة مفردة مثبَّتة بكابول في جزع الطائرة، ويتميز بتحسينات مهمة في الأداء الخاص بالديناميكا الهوائية، ومع بداية الحرب العالمية الثانية أصبح مثل هذا الطيران مهيَّأ ليحل محل الأساليب القديمة في تأدية الأغراض العسكرية.

وأصبحت الخطوط الجوية المدنية مستقرة تمامًا بحلول العام ١٩٣٩م، خاصةً داخل القارة الأمريكية، حيث توجد بها سوق مزدهرة للنقل فائق السرعة فيما بين المراكز الحضرية التي تفصل فيما بينها مسافاتٌ واسعة، ولكن على الرغم من هذا التقدم ظلت الطرق العابرة للمحيطات خارج نطاق قدرات الطائرات ذات القواعد الأرضية، ومع هذا كانت تقوم بها طائرات بحرية. وجرَت أيضًا خلال فترة الحرب محاولات لم تُكلَّل بالنجاح في سبيل تطوير مناطيد قابلة للتوجيه لخدمة طيران الركاب لمسافات طويلة، ولكن التجارب البريطانية والألمانية على السواء انتهت إلى مأساة قبل الحرب العالمية الثانية؛ إذ توقفت جميع التجارب الجديدة بسبب الحرب، وعندما استُؤنفت ثانيةً، بعد توقف أعمال الحرب، كان قد ظهر جيل جديد من الطائرات الضخمة، خاصةً طائرات ذات أربعة محركات، ومشتقة من قاذفات القنابل التي أثبتت نجاحها في زمن الحرب، ودخل هذا النوع خدمة الطيران عبر الأطلسي، وسرعان ما أصبحت شائعة جدًّا. وهكذا فإن خدمات الخطوط البحرية عبر المحيطات التي استأثرت في السابق بهذه الخدمة بدأت تواجه منافسة حادة، وأخذت رحلاتها المنتظمة تختفي تدريجيًّا بحلول خمسينيات القرن العشرين، وأصبحت الطائرة في هذا الوقت الوسيلة التي لا غنى عنها لجميع أشكال نقل الركاب والبريد لمسافات طويلة، وكذلك لنقل سلع ذات طبيعة خاصة.

وفي هذا الوقت أيضًا حدث تطور آخر كان القولَ الفصل لتأكيد موثوقية وكفاءة النقل الجوي عبر مسافات طويلة، ونعني بذلك إقرار استخدام التوربين الغازي بدلًا من المحرك الترددي التقليدي. والتوربين الغازي أو النفَّاث، كما شاع عنه في الحديث الدارج، لا يزال محركًا داخلي الاحتراق ويستهلك وقودًا زيتيًّا، غير أنه يعمل وفقًا لأسس مختلفة تمامًا عن الأسس التي يعمل بها المحرك الترددي؛ إنه مثل التوربين البخاري يولد حركة دورانية مباشرة تدفع توربينًا يضغط الوقود قبل الإشعال، ويدفع عامود دوران المروحة في حالة عمل التوربين وفق تصميم المحرك المروحي التوربيني، ولكن في الحالة الأكثر شيوعًا للمحرك النفَّاث فإن دافع الحركة يتولد من عملية طرد الوقود المحترق. وكانت إمكانات

هذا المحرك معروفة نظريًّا منذ وقت طويل، ولكن درجات الحرارة العالية المتولدة عنه حالت دون بناء نموذج ناجح، وظل الوضع على هذه الحال إلى أن أمكن استحداث سبائك جديدة لصناعة أرياش التوربين والغلاف المحيط به. ولم يكد هذا الإنجاز يتحقق حتى بدأت الاستعدادات لتجهيز تصميمات عدة في ظروف من السرية والكتمان؛ نظرًا لقرب اشتعال الحرب العالمية الثانية. وحصل فرانك ويتيل على أول براءة اختراع بريطانية، وقاد فريق بحث ناجحًا داخل المملكة المتحدة. وكانت هناك فرق بحث أخرى تعمل داخل ألمانيا وفي بلدان أخرى.

وهكذا مع نهاية الحرب، دفعت كلٌّ من ألمانيا وبريطانيا بأول تصميماتهما للتوربين النفاث إلى الخدمة العملية، وجاء في وقت متأخر جدًّا، بحيث إنه لم يؤثر كثيرًا في الجهود الحربية، ولكن بدأ استخدامه بعد ذلك في أغلب الاستعمالات العسكرية؛ نظرًا لما أثبته من تفوق في الأداء من حيث السرعة والقوة. إن أعظم ميزات المحرك النفاث بالنسبة للطائرة هو أنه يهيِّئ للطائرة نسبة عالية من القوة بالقياس إلى حجمها، مما يعوض كثيرًا مما يحدث من ضوضاء واستهلاك كبير للوقود. وثمة ميزة أخرى أنه يمكِّن الطائرات من السفر بأسرع من سرعة الصوت، وهذه قدرة متاحة الآن لكثير من الطائرات الحربية، وإن كانت الطائرة الكونكورد الإنجليزية-الفرنسية هي الوحيدة التي استخدمت هذه السرعة لنقل الركاب. ومع هذا فإن جميع طائرات الركاب الكبيرة تستخدم الآن المحركات النفاثة، وتركز الاهتمام على تطوير الطائرة الجامبو التي تتميز بقدرتها على حمل مئات عدة من الركاب في رحلات طويلة بدلًا من السرعات غير العادية. واشتركت في صنع هذه الطائرة بضع شركات كبرى، نذكر منها الشركة الأمريكية العملاقة بوينج التي انعقدت لها الريادة العالمية في هذا المجال، وتتمتع بشهرة واسعة.

وهكذا قام المحرك النفاث بدور مهم في سبيل «ترويض» النقل الجوي، بحيث أصبح الطيران ميسورًا للجميع، بل لا يمكن لأحد أن يستغني عنه في السفر عبر مسافات طويلة. ويظهر المحرك النفاث في صورة واحد من أهم التطورات التكنولوجية البارزة خلال الحرب العالمية الثانية. وعلى الرغم من أن المحرك اختُرع قبل الحرب فإنه من غير المشكوك فيه أن ضغوط المنافسة في زمن الحرب بين القوى المتحاربة هي التي أَفْضت إلى إقراره واستخدامه بسرعة، كوحدة معيارية لتوليد قوًى للطائرات، وكانت الحرب أيضًا هي المسئولة عن تطورات أخرى في فن الطيران، خاصةً فيما يتعلق بشكل الطائرة العمودية أو الهليكوبتر، وأيضًا ابتكار «أسلحة الانتقام» المعروفة باسم في١ وفي٢ V1

V2 & التي تشبه المحرك النفاث، وكان تصوُّر الطائرة الهليكوبتر سابقًا على الحرب، وأُجريت تجارب عدة على تصميمات مختلفة؛ من ذلك تصميم معروف باسم أوتوجيرو Autogiro، أي: لطائرة ترتفع وتهبط عموديًّا، واشتمل التصميم على محرك معياري ودافع يولد حركة أمامية تجعل الجناح يتحرك حركة دورانية، وبذلك ترتفع الطائرة إلى أعلى. ولكن تطوير التصميم الحقيقي للطائرة الهليكوبتر حدث في الولايات المتحدة على يد إيجور سيكورسكي، وجاء هذا التطوير متأخرًا جدًّا، حيث لم يكن له تأثير كبير في مجريات الحرب. ويشتمل هذا التصميم على جناح دوار بقوة دفع، وله ريشتان أو أكثر، علاوة على دوار صغير للدفع الرافع عند الذيل على زاويتين قائمتين مع دوار الدفع الرافع الرئيسي، وذلك لحفظ توازن عزم الدوران، ويساعد على التحكم في الطائرة. وشاع استخدام الطائرات الهليكوبتر منذ ذلك التاريخ في الأغراض العسكرية (وذلك لقدرتها على الإقلاع والهبوط رأسيًّا، علاوة على قدرتها العالية على المناورة)، ولكنها في مجال الخدمات المدنية ظلت محدودة الاستعمال على الرغم من أنه لا غنى عنها للخدمة في مجالَي النفط والطوارئ. وهناك تقنية أخرى بديلة للإقلاع الرأسي، وهي المعروفة باسم «الوثبة النفاثة» Jumping-jet، والتي تستخدم قوة الدفع المباشرة إلى أسفل في المحرك النفاث، ولكنها تستهلك كمية كبيرة من الوقود، مما أدى إلى قَصر استعمالها على طيران قتالي من نوع خاص.

أما القنبلة الطائرة في١ V1 أو التي تُسمى باسم حشرة «ليث عفرين»، أو سباع النمل Doodle bug، وكذا الطائرة «القنبلة» الصاروخ في٢ V2؛ فقد استُخدمتا بفعالية كبيرة ضد الحلفاء قرب نهاية الحرب العالمية الثانية. وكانت الطائرة في١ في جوهرها صورة من صور الطائرة من دون طيار، والمدفوعة بتوربين نفاث. أما الطائرة في٢ فكانت شيئًا جديدًا تمامًا إلى حد كبير؛ لأنها اشتملت على جوانب من تكنولوجيا الصاروخ الذي لم يكن قد أُنتج بعد. حقًّا لقد كانت هناك مركبات صاروخية أولية، مثل السيارة أو الطائرة المدفوعتين بالصاروخ في مرحلة تجريبية، ووضعت ألمانيا تصميمهما في عشرينيات القرن العشرين، ولكن القدرة على الارتفاع مائة ميل أو أكثر ثم الهبوط فوق هدف بعيد مع رأس متفجر هو الإنجاز المهم جدًّا والجديد. ومن حسن حظ الحلفاء أن القوات الألمانية لم تتمكن من استخدام هذا السلاح بالكامل قبل أن تضع الحرب أوزارها. وحصل الأمريكيون بعد الحرب على التقنيات الخاصة بالصاروخ، والذي أصبح فيما بعد أساس برامج الفضاء لدى القوتين العُظمَيَين. وهكذا أصبح الصاروخ — باعتباره جانبًا من

جوانب رحلات الطيران عبر الفضاء بقيادة الإنسان — جزءًا من تطور النقل الحديث. هذا وإن كان من الملائم أن نُرجِئ التفكير في هذا إلى حين إلقاء نظرة أكثر شمولًا على أهمية الملاحة الفضائية.

ولكن جدير بنا، في ختام عرضنا لموضوع تكنولوجيا النقل، أن نلحظ أنه كانت هناك تطورات أخرى كثيرة خلال القرن العشرين لا تزال بحاجة إلى إنجاز بعد استكمال إمكاناتها، ونذكر من بين هذه التطوراتِ الحوامةَ hover craft، وهي ماكينة تسير على الأرض والماء فوق مخدة هوائية، ورائد صناعتها في الخمسينيات سير «كريستوفر كوكيريل»، وهي من أكثر التطورات إثارة؛ ذلك أن الحوامة تولِّد مخدة هوائية تطفو فوقها وتندفع ذاتيًّا فوق سطح الأرض أو البحر. ويتميز هذا الابتكار بأن له إمكانات نظرية هائلة بالنسبة إلى المعديات والرحلات النهرية، ولكن لم يتسنَّ له بعدُ إمكانُ إزاحة الوسائل التقليدية ليحل محلها في هذا المضمار، بيد أنه تم تطبيق جزئي لهذا الابتكار في صورة المركبة المعروفة باسم «الهيدروفيل» التي صُممت بحيث تكشط سطح الماء، وهي أكثر شيوعًا. ولا تزال هناك إمكانات للاستعمال في المستقبل بحيث يمكن أن تحل هذه المركبة محل السيارة، ومن ثم تجعل مهمة صيانة الطرق البرية وطرق السيارات شيئًا عفَّى عليه الزمن. وهناك إمكانات أخرى مماثلة تُهيِّئها سيارة الحث الخطِّي linear induction، حيث يحل التأثير الكهرومغناطيسي محل المخدة الهوائية للحوامة ما يسمح لقاطرة بأن تطفو فوق قضبان، ولكن البحث في هذا لم يحقق بعدُ سوى تقدم ضئيل خلال العقدين الأخيرين.

وتظل بعد هذا حقيقةٌ مؤكدة، وهي أن تكنولوجيا النقل حققت تقدمًا هائلًا على مدى القرن العشرين. وليس من الحكمة في شيء، إزاء هذا التقدم الكبير أن نظن أن عمليتَي الابتكار والصقل قد انخفض إيقاعهما. حقًّا ثمة أسباب تبرر لنا القول بأن عملية التطور سوف تستمر وتطرد، حتى إن لم يَحنِ الأوان بعدُ لتحديد الاتجاهات المحتملة.

الفصل التاسع

الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات

إذا كان النقل معنيًّا بحركة السلع والناس، فإن الاتصالات هي وسيلة الناس لنقل الأخبار والمعلومات والتعليمات فيما بينهم. وشهدت تكنولوجيا النقل، كما أسلفنا، تطورًا حاسمًا منذ منتصف القرن الثامن عشر. وبدأ تحديث الاتصالات في فترة متأخرة شيئًا ما، في منتصف القرن التاسع عشر، على الرغم من أن التحولات التكنولوجية كانت في كل مرحلة تحولات كاسحة ومذهلة، شأن ما حدث في مجال النقل. حقًّا كانت هناك مقدمة مهمة للتحولات الحديثة تمثلت في صورة اختراع الطباعة بأحرف متحركة في القرن الخامس عشر. وكان هذا ابتكارًا ذا أهمية كبرى في الحضارة الغربية؛ إذ أدى إلى رواج الكتب، وما لهذا من نتائج تمثلت في انتشار المعلومات الأدبية والعلمية، ولكن لم يحدث تحول ذو بال بالنسبة لجوانب الاتصالات المباشرة إلا في القرن التاسع عشر. وتحسنت عملية تنظيم الخدمات البريدية في أنحاء كثيرة من أوروبا في توافق مع تشييد طرق جيدة، واستحداث مركبات برية موثوق بها. كذلك نهضت الاتصالات العسكرية خلال الحرب النابوليونية بفضل إنشاء شبكات الإبراق بالملوحة أو السيمافور فيما بين لندن وموانئ الساحل الجنوبي (ولا يزال الاسم السائد حتى اليوم «تل الإبراق» (التلغراف) في المناطق الجنوبية، وهو اسم مشتقٌّ من عمليات الإبراق بالسيمافور). ولكن أهم التطورات اعتمدت على الفهم العلمي لطبيعة الكهرباء، وهو ما لم يحدث إلا خلال ثلاثينيات القرن التاسع عشر. وكان ابتكار التلغراف الكهربي هو أول تطبيق عملي لهذه المعارف، ثم تبعه — على التوالي — «التليفون» أو الهاتف، والراديو والتليفزيون، ثم الحاسب الإلكتروني «الكمبيوتر». وسوف نستعرض في هذا الفصل مراحل تحوُّل الاتصالات الحديثة، واضعين في الاعتبار طبيعة العلاقات التطورية المتداخلة فيما بينها، ودلالاتها المعقدة بالنسبة للحياة خلال القرن العشرين.

وسبق أن لاحظنا أن الكهرباء أصبحت مصدرًا ميسورًا لتوليد القوى في مطلع القرن التاسع عشر، ثم في فترة تالية بعد اكتشاف ميشيل فارادي للعلاقة بين الكهرباء والمغناطيسية التي أدت إلى ابتكار الدينامو. وتبيَّن إمكان إحداث انحرافات لإبرة عن طريق تمرير نبضة كهربائية في سلك — وهو استخدام آخر للعلاقة المغناطيسية الكهربية — وهو ما أدى إلى ابتكار التلغراف الكهربي. ودخل كلٌّ من دبليو إف كوك وسي هويتسون في شراكة لتطوير هذا النظام العام ١٨٣٦م، وحصلا على براءتهما الأولى في العام التالي. وسرعان ما تبنَّت شركات السكك الحديدية القومية الجديدة تلغرافهما الكهربي ذا الإبَر الحارفة؛ وسبب ذلك رغبة هذه الشركات في تحسين وسائل إعطاء الإشارات نظرًا لارتباط هذا بشكل مباشر بأمان السكك الحديدية. وعلى الرغم مما يتصف به جهاز كوك وهويتسون من بطء، فإنه كان ملائمًا لصندوق الإشارات الميكانيكي الذي كان مُستخدَمًا آنذاك. ويعتمد هذا الجهاز على شفرة معقدة؛ ولهذا قام الأمريكي صمويل مورس بوضع تصميم لشفرة فعالة تتألف من النقطة والشرطة، وصدر بشأن هذا التصميم قانون الولايات المتحدة للعام ١٨٤٣م الذي أعطى مورس صلاحية إقامة أول نظام تلغرافي هناك، وأدى بالفعل وظيفة تواصلية حيوية خلال غزو غرب أمريكا.

وفي هذه الأثناء كانت أوروبا أدركت سريعًا الأهمية التجارية للتلغراف الكهربي كوسيلة لنقل المعلومات المهمة فيما بين أسواق واسعة مستقلة بعضها عن بعض، أو بين أسواق الأوراق المالية. وكوَّن كوك وهويتسون «شركة التلغراف الكهربائي» التي كانت مسئولة عن بناء خطوط تلغراف على امتداد أربعة آلاف ميل في بريطانيا خلال ست سنوات. وفي العام ١٨٥١م بدأ أول كابل تلغرافي ممتد عبر القنال الإنجليزي يحقق الاتصال الفوري المباشر بين مجتمعات رجال الأعمال في لندن وباريس. وأصبحت جميع عواصم أوروبا خلال خمس سنوات على اتصال كامل بعضها ببعض. ولم تقتصر هنا فائدة نظام الاتصالات الجديدة على المعلومات الخاصة بالتجارة والأعمال؛ ذلك أن وكالات أنباء مثل رويتر ظهرت إلى الوجود لتستثمر هذه الإمكانات، علاوة على عديد من الصحف مثل التايمز التي كانت تتباهى باستعدادها لتبنِّي أي تقنيات جديدة؛ إذ لجأت إلى استخدام هذه التكنولوجيا لتلقِّي التقارير من مراسليها. والجدير ذكره أن أنباء حرب القرم في منتصف خمسينيات القرن كانت تُنقل فورًا بواسطة الكابل إلى لندن، كما أن حالة السخط العام بسبب سوء استعدادات القوات البريطانية لظروف الحرب أدت على الفور إلى سقوط الحكومة. وفي العام ١٨٧٠م استطاع رئيس بروسيا فون بسمارك أن يحرر برقية من

ملك بروسيا، مما أثار غضب الفرنسيين، وعجَّل بالحرب الفرنسية البروسية، وهو ما كان يسعى إليه.

وأخذ نطاق التلغراف الكهربي يتسع باطراد بفضل مد كابلات عبر المحيط. وتم بنجاح، بعد إخفاقات عدة، مدُّ أول كابل بواسطة السفينة العملاقة جريت إيسترن إس إس العام ١٨٦٦م. وكانت هذه السفينة الضخمة من نواحٍ كثيرة مشكلة خطيرة بالنسبة لمن بنوها، وكذا للقائمين على تشغيلها، ولكنها أثبتت أنها السفينة المثالية الملائمة تمامًا لعملية مد الكابلات، سواء لقدرتها على حمل الكابل اللازم كله بكامل أطواله، أو لقدرتها الفائقة على المناورة. وواصلت هذه العملية عبر المحيط الهندي، بحيث لم يحل العام ١٨٧٢م حتى أصبح بإمكان عمدة لندن أن يتبادل التهاني التلغرافية مع عمدة أديلاد. وهكذا أصبحت المدن البعيدة على اتصال فوري مباشر مع عواصم العالم القديم. نعم كانت الاتصالات فِجة ولكنها أساسية، وقد اختُزلت إلى شفرات في شكل نقط وشرطات يشوبها تجزيع، ولكنها كانت فعالة بدرجة ملحوظة بحيث لم يكن يدور بخيال أحد أن العالم كبير جدًّا إلى هذا الحد. واعترفت الحكومة البريطانية بأهمية شبكة التلغراف الكهربي بحيث إنها مهَّدت لكي تعهد بها إلى مكتب البريد العام ١٨٦٨م.

وسرعان ما بدأ استثمار إمكان تسخير شبكة التلغراف لنقل الكلام على نحو مباشر. وكان الابتكار الحاسم هنا هو اكتشاف وسائل تسجيل الصوت على تيار كهربائي، وهذا هو ما فعله ألكسندر جراهام بيل العام ١٨٧٦م. وبيل هو ابن مهاجر اسكتلندي، كان يعمل في بوسطن معالجًا لمشكلات النطق والكلام، ومن ثم كان معنيًّا بالأطفال الصُّم ليعلمهم الكلام. واستخدم بيل معارفه بشأن السمعيات لوضع طريقة لنقل الكلام عبر السلك، ولكن — وكما يحدث في التاريخ دائمًا حينما تكون هناك حاجة واضحة إلى شيء ما — يظهر أن هناك كثيرين يعملون للوصول إلى الهدف ذاته. واستطاع أحدهم، وهو أليشاجراي، أن يتقدم بطلب للحصول على براءة الاختراع بعد بضع ساعات فقط من بيل. علاوة على هذا، كان مطلوبًا اختراع آخر للمكبر الصوتي «الميكروفون» الكهرومغناطيسي، والذي ابتكره دي إي هوغيس بعد ذلك بعامين ليكتمل الهاتف «التليفون» الحديث؛ ذلك لأنه من دون جهاز التكبير كان تيار الصوت الناتج عن جهاز بيل ضعيفًا جدًّا عند الاتصال عبر مسافة طويلة. وهكذا كان هذا الاختراع يمثل نجاحًا كبيرًا، وبذا تهيأت شركة بيل للهاتف لكي تصبح واحدة من أضخم المشروعات في العلم، وكان الأمريكيون متعطشين جدًّا لتطوير شبكة هاتف تعمل على نطاق البلاد باتساعها لتَفِي بأغراض

اتصالات مراكز ورجال الأعمال، وأيضًا الاتصالات الشخصية، ولكن هذا المشروع نفَّذته أوروبا بحماسة أيضًا؛ ففي بريطانيا خَطَت الحكومة خطوة جادة في هذا الاتجاه؛ إذ أَوْلت المسئولية إلى مكتب البريد العام لاستكمال غالبية الشبكة الوطنية اللازمة. وبحلول العام ١٩٥٨م توافَر لدى مكتب البريد العام البريطاني حوالي ٧ ملايين هاتف، أي ما يعادل تقريبًا هاتفًا لكل سبعة أشخاص في بريطانيا، ولنا أن نقارن هذا بحوالي ٦٧ مليون هاتف في الولايات المتحدة وقتذاك، حيث كان بها هاتف لكل اثنين ونصف من السكان.

وجاءت الطفرة التالية في تطوير الاتصالات أكثر إثارة؛ ذلك لأنها أَفْضت إلى التخلي عن شبكة الأسلاك المتصلة بعضها ببعض وصولًا إلى اتصال «لا سلكي». وأفاد الاتصال اللاسلكي من بحوث قام بها علماء نظريون خلال القرن التاسع عشر، نذكر منهم بوجه خاص عالم الفيزياء الاسكتلندي جي كلارك ماكسويل، الذي اكتشف العلاقات بين الضوء والظواهر الكهرومغناطيسية في سبعينيات القرن التاسع عشر، وأدى إلى تنبؤات عن جدوى استخدامها في نقل الرسائل، وأُكدت تنبؤات ماكسويل العام ١٨٨٥م بفضل تجارب الأستاذ الألماني هيرتس الذي أنتج تيارًا كهربائيًّا داخل دائرة توالَفَت مع دائرة إرسال وإن كانتا منفصلتين. وتابع علماء آخرون هذه الأبحاث، ولكن الأمر ظل متروكًا إلى أن أتى المهندس الإيطالي جي ماركوني الذي كان يعمل في بريطانيا بالتعاون مع مكتب البريد العام، وصنع تلغرافًا لا سلكيًّا لأغراض تجارية عملية. وجاء أعظم إنجازاته إثارةً في ديسمبر العام ١٩٠١م، عندما نجح في إرسال أول إشارة لا سلكية عبر الأطلسي. وأُنشئت بعد ذلك على الفور شركة ماركوني للتلغراف اللاسلكي التي تولت مسئولية إقامة الكثير من محطات الإرسال اللاسلكي حول الساحل البريطاني، وجهزت السفن بأجهزة اللاسلكي. وكانت فجيعة غرق السفينة تيتانيك العام ١٩١٢م مناسبة مبكرة أكدت جدوى استعمال جهاز اللاسلكي للحصول على إغاثة عاجلة للسفينة في نكبتها، وأدى هذا الحدث إلى تركيز الانتباه على قيمة هذا النوع من الاتصالات في عرض البحر.

وكانت عمليات النقل باللاسلكي في الفترة الباكرة عمليات مشفرة، مثلها مثل التلغراف، وكانت الإشارات ضعيفة. وتهيأ إمكان تحقيق مزيد من التقدم بفضل الصمام الثرميوني (أو الأنبوب حسب الاستعمال الأمريكي)؛ ذلك أن استحداث هذا الصمام هيَّأ إمكان تكبير الإشارات وتصحيحها، بحيث بات بالإمكان نقل الأصوات إلى الأذن واضحة وعالية عن طريق جهاز استقبال هاتفي معدل، وكان الصمام الثرميوني منتجًا آخر يمثل ثمرة التفاعل الوثيق بين البحث العلمي والخبرة العملية، وهذا الصمام مشتق

من الفتيلة المتوهجة للمصباح الكهربائي الذي اخترعه توماس إديسون وجوزيف سوان العام ١٨٨١م. وأدى البحث التجريبي المكثف بغية اكتشاف أفضل فتيلة إلى الملاحظة التي رصدها إديسون، وهي أنه حين تشتعل الفتيلة لساعات طويلة داخل فراغ المصباح الكهربائي يحدث نوع من السواد داخل جدران المصباح. وانتهى البحث العلمي، عن صواب، إلى أن عزا هذه الظاهرة المسماة «ظاهرة إديسون» إلى تيار عشوائي من الإلكترونات الطليقة المنطلقة من الفتيلة المتوهجة (الكاثود أو القطب السالب) إلى داخل المصباح، واكتشف بعد ذلك أن هذا التيار الضعيف يمكن تسخيره خلال أسطوانة معدنية موجودة داخل المصباح (الثنائي) عندما تُضبط بمساعدة صفيحة أخرى (إذ يكون المصباح في هذه الحالة ثلاثيًّا)، وهنا يصبح بالإمكان تلقي رسائل صادرة من مسافات بعيدة، وتكبيرها لتغدو مثل الأصوات البشرية أو الموسيقية التي نقلت عنها أصلًا. والجدير ذكره أن الفضل في هذه الاختراعات كان موضوع جدال ومنافسة حادة بين جي إيه فليمنج ولي دو فورست، ولكن يمكن القول من وجهة نظر تاريخ التكنولوجيا إن ما حدث هو مثال آخر لميل العقول المبتكرة إلى التلاقي حول مشكلات بذاتها. وعلى أي حال كانت ثمرة هذا كله هي إدخال نظام الإذاعة كوسيلة عامة للاتصال الجماهيري في عشرينيات القرن العشرين. وبدأ الإنتاج الكبير لأجهزة اللاسلكي المجهَّزة بصمامات ثرميونية، والتي تستمد التيار من بطارية أو من مصادر توصيل رئيسية ومُبيَّتة داخل صندوق مغطًّى بمادة الراتنج الصناعي «الباكلايت». وجاء ذلك تلبيةً لمتطلبات سوق تتوسع سريعًا. وسرعان ما أصبح للراديو دور مهم في حياة العامة من الناس، فضلًا عن نقل الأنباء والمعلومات، علاوة على أسباب التسلية.

ولكن هذا الخط البحثي ذاته الذي فسر ظاهرة إديسون هو الذي قاد في النهاية إلى تطوير أنبوب أشعة الكاثود، ومن ثم إلى التليفزيون. لقد ظل علماء كثيرون خلال العقود الأولى من القرن العشرين غير متصورين تلك القفزة من استنساخ الصوت لا سلكيًّا إلى نقل الصورة البصرية، ولكن في العام ١٩٢٦م أثبت المخترع الاسكتلندي جون بيرد أن هذا أمر ممكن التطبيق عمليًّا، واستخدم بيرد طريقة ميكانيكية لمسح الموضوع المطلوب نقله عبر سلسلة من الثقوب في قرص دوار. حقًّا كانت طريقة بطيئة ولكنها قابلة للتشغيل، شريطة ألا يتحرك الموضوع حركة سريعة جدًّا. واستُخدم بشكل جادٍّ لخدمات الإرسال العام في بريطانيا. ولكن لم يكد بيرد يثبت جدوى الإرسال البصري حتى بدأت شركة ماركوني في ألمانيا عملية تطوير طريقة أخرى أكثر فعالية للمسح الإلكتروني الذي سرعان ما حل

محل نظام بيرد، وطبَّقته على خدمات التليفزيون التي بدأت العمل في أوروبا وأمريكا خلال ثلاثينيات القرن العشرين. ولم يتحقق تقدم كبير؛ نظرًا لأن الحرب العالمية الثانية تسببت في توقف كثير من الخدمات المنتظمة، ولم يُسهِم التليفزيون بشيء في الحرب. ولكن بمجرد أن وضعت الحرب أوزارها حتى استعاد المشروع نشاطه، واستحوذ على اهتمام الناس في حياتهم المنزلية في غرب أوروبا وشمال أمريكا. وشهدت تكنولوجيا التليفزيون تحسنًا متصلًا مع تقديم صور أكثر دقة ووضوحًا. ثم بدأ استخدام إرسال الصور الملونة، واستخدام الاتصال بواسطة الأقمار الصناعية، وبذا أصبح كل جزء في العالم داخل نطاق الاتصال البصري المباشر. وأثبت التليفزيون أنه ابتكار قابل لاستعمالات عدة للغاية؛ لِما له من تطبيقات واسعة النطاق في المجالات العلمية والطبية والتعليمية والصناعية، علاوة على أهميته الطاغية كوسيلة للاتصال الجماهيري.

وإن هذا التعاون المعلوماتي بين العلم والتقانة — الذي أدى إلى إنتاج الصمام الثرميوني وأنبوب أشعة الكاثود — أدى أيضًا إلى إنتاج الرادار والترانزستور والكمبيوتر الإلكتروني. والرادار في جوهره تقنية خاصة بموجات اللاسلكي الارتدادية، المرتدة عن موضوع ما بهدف كشف الإشارة العائدة، ومن ثم يحدد موقع هذا الشيء أو الموضوع. وتطور الرادار أول ما تطور بنجاح كبير كوسيلة لتسجيل موقع الطائرة خلال الحرب العالمية الثانية، ولكن سرعان ما فرض نفسه كأداة ملاحية لا غنى عنها. وجرى تعديله ليكون أداة رسم خرائط خاصة بالنسبة للأماكن التي لا يمكن استبيانها بغير هذه الوسيلة، مثال ذلك المواقع على أسطح الكواكب، مثل كوكب الزهرة الذي تغطيه السحب دائمًا.

وأصبح الكمبيوتر الإلكتروني من أهم اختراعات القرن العشرين وأكثرها تميزًا وإمكاناتٍ واعدةً، ولكن كانت ثمة سوابق مهمة له خلال القرن التاسع عشر، وربما قبل ذلك. والكمبيوتر في جوهره، وفي بداياته الأولى هو آلة حاسبة لأداء عمليات حسابية، مثل الجمع، ونعرف أنه كانت هناك وسائل قديمة لذلك، مثل لوح الحساب أو المِعداد، والذي كان منتشرًا قديمًا مع الأطفال لأداء عمليات جمع وطرح. والجدير ذكره أن بعض فلاسفة الرياضيات خلال القرن السابع عشر، من أمثال نابيير وباسكال، وضعوا تصورات عن وسائل مساعدة لعملية الحساب. وفي خلال القرن التاسع عشر استطاع أستاذ الرياضيات في كمبريدج شارلس باباج الذي اشتهر بذكائه الوقَّاد وأدواره الغريبة أن يبتكر ما أسماه «آلة تحديد الفارق» و«الآلة التحليلية» لأداء عمليات رياضية معقدة. ولعل الصواب أن نقول إنه شرع في إنشائهما؛ ذلك لأن موارده استُنفدت في الحالتين قبل أن يكتمل صنع

الآلتين، وإن كان قد حقق تقدمًا مهمًّا يؤكد فعالية العمليات الميكانيكية. وتمثلت المشكلة مع هذه الماكينات في أنها تعتمد على سلاسل من التروس شديدة التعقيد، بحيث يتعين صناعة كلٍّ منها بدرجة عالية من الدقة، علاوة على التزام الحرص والحذر في تجميعها. وأوضح باباج أن جُملًا كثيرة يمكن ترجمتها إلى لغة الكمبيوتر، ومعالجتها على أساس الحساب الميكانيكي، ولكن تحويل هذا الإمكان النظري إلى واقع يستلزم تكنولوجيا مغايرة وأكثر سرعة.

اعترف باباج بأهمية أن يكون قادرًا على تخزين المعلومات والبرامج في الماكينة، ومن ثم أعدَّ صفوفًا من البطاقات المُخرَّمة على نحو ما يحدث في نول الجاكار وفقًا للغرض المقصود من آلة التحليل. وطبَّق من بعده هيرمان هوليرث نظامًا مماثلًا لتخزين البيانات، وذلك لتسجيل الإحصاء القومي الأمريكي للعام ١٨٩٠م، وقدَّم لهذا الغرض طرازًا جديدًا لماكينة جدولة؛ لكي تستخدمها السلطات الرسمية والمسئولون الإداريون في مجال الأعمال. وظهر بعد ذلك ما ساعد كثيرًا على تخزين المعلومات، ونعني بذلك نظام المنطق الرياضي الذي وضعه عالم الرياضيات البريطاني جورج بول، والذي عبَّر عن القضايا المنطقية في صورة متوالية من الأعداد الثنائية، بمعنى أنه استخدم فقط صفرًا وواحدًا. وطبَّق هذا النظامَ كلود شانون في معامل تليفون بيل العام ١٩٣٩م مُستخدِمًا حالتَي المكوِّن الإلكتروني؛ إما «شغالًا» أو «مُلغًى» تعبيرًا عن القيمتين. وهكذا يتهيأ أساس دائم لمنطق الكمبيوتر بحيث يستخدم فترات تناوب الهاتف أو غيره من التجهيزات الإلكترونية. والجدير ذكره أن العلماء الذين عكفوا على عمل هذه الأجهزة، من أمثال آلان إم تورنج بجامعة مانشستر كانوا في مسيس الحاجة إليها خلال الحرب العالمية الثانية، وذلك لما تتميز به من مهارة في حل شفرات العدو المعقَّدة، واستطاعوا بذلك أن يطوروا ماكينات شديدة التعقيد لتساهم في هذه العملية. وكان اسم واحدة من هذه الماكينات «كولوسوس» أو الهولة، واستخدمت ١٥٠٠ صمام ثرميوني. وبدأ تشغيلها العام ١٩٤٣م، وأثبتت أنها أول كمبيوتر رقمي ذاتي التشغيل ذي كفاءة في تشغيله. واستطاع العلماء الأمريكيون في الوقت نفسه أن يطوروا حاسوبًا ثنائيًّا في معامل بيل يستخدم مرحلات الهاتف. ونذكر أيضًا أنه في هذا الوقت ذاته كان هناك فريق في المؤسسة الدولية لماكينات العمال التجارية (التي أسسها هوليرث العام ١٨٩٠م، وكانت تعمل بالتجارة أساسًا باسم شبكة هوليرث للجدولة الكهربائية، ثم عُرفت بعد ذلك باسم آي بي إم IBM). وأيضًا هارولد جي أيتكين بجامعة هارفارد. وكان هؤلاء يعملون في الاتجاه نفسه، واستطاعوا

العام ١٩٤٤م أن يُكمِلوا الحاسوب تلقائي التسلسل المنضبط Automatic Sequence Controlled Calculator ويحمل اسم Mark I.

وحدثت فورة من النشاط عقب الحرب في كلٍّ من أمريكا وبريطانيا؛ إذ اكتشف العلماء إمكانات تطوير هذه الماكينات مع دمج برامج مُعبَّأة إلكترونيًّا. واستخدموا جميعًا الصمامات الثرميونية، والتي كانت بالضرورة كبيرة الحجم، ولكن بعد العام ١٩٤٨م بدأ في الظهور جيل ثانٍ من الكمبيوتر الإلكتروني يعتمد في التشغيل على الترانزستور وليس على الصمامات. وأول من حدد خلال هذا العام ترانزستور التماسِّ-النُّقْطي هم جون باردين ووالتر براتين ووليام شوكلي، وجميعهم في معامل بيل. وجاء اكتشافهم ثمرةً لعملهم على أجهزة إلكترونية ذات الحالة الصلبة، وأعطى هذا دفعة هائلة لعملية تصميم الكمبيوتر. وتبيَّن أن الترانزستورات لا يمكنها فقط أداء جميع وظائف الثرميوني، بل إنها تتميز — علاوةً على هذا — بقوة وجودة الأداء، فضلًا عن العمل داخل نطاق أصغر حجمًا. وأصبح بالإمكان على الفور بناء أجهزة كمبيوتر ذات حجم معقول، كما تزايدت إمكانات استعمالها سريعًا جدًّا. وفي خمسينيات القرن أصبحت الأجهزة ذات النطاق الكبير متاحة لمراكز الأعمال والمكاتب، ولكنها كانت باهظة الثمن جدًّا، فضلًا عن تحكُّم الصناع في طريقة استخدامها بناءً على إيجار الماكينة لفترة زمنية محددة، وأن يكون تلقيم أو تغذية الماكينة على بطاقاتهم المُخرَّمة أو شريط من الورق المُخرَّم.

وجاء الفتح العظيم الثاني الذي دشَّن الجيل الثالث من أجهزة الكمبيوتر مع استحداث دائرة التكامل التي تسمح بأداء الأعمال التي كانت تستلزم حتى ذلك الحين معدات كثيرة ضخمة للغاية، بواسطة قطعة صغيرة من أشباه الموصلات — الشريحة الرقيقة — مع صف من الترانزستورات الدقيقة مطبوعة أو محفورة عليها. وأصبحت هذه الكمبيوترات أسرع أيضًا في الأداء مع أنها أصغر كثيرًا في الحجم. وحصل الأمريكي جي إس كيلبي في العام ١٩٥٩م على أول براءة اختراع عن دائرة التكامل. وسرعان ما طبَّقت هذا الاختراعَ الشركاتُ المسئولة عن صناعة أجهزة الكمبيوتر لصناعة أجهزة مكتبية لاستخدامها في المكاتب والمنازل. وأصبح الكمبيوتر واحدًا من أجهزة الاستعمال في الحياة العامة، سواء للعمل أو التسلية. وسرعان ما أصبح الكمبيوتر الشخصي PC الحديث جزءًا مهمًّا من بين مستلزمات الحياة، وأصبحت صناعته من أهم صناعات الحقبة الأخيرة في القرن العشرين. وأدت السهولة الكبيرة في الاتصال ببنوك المعلومات القريبة والبعيدة إلى ميلاد مفهوم جديد هو «تكنولوجيا المعلومات»، والذي يصف نظامًا كاملًا يهيئ لأي امرئ

من خلال الكمبيوتر الشخصي أن يتعامل مع أجهزة ضخمة تحتوي على معلومات غنية ومتنوعة. مثال ذلك أنه في بعض البلدان الصناعية المتقدمة تُمثِّل هذه التسهيلات إطارًا واسعًا من الخدمات (صفقات بنوك، وحجز تذاكر الطيران، وطلبات شراء ... إلخ)، بحيث تُنجز فورًا على شبكة الاتصالات اللاسلكية عن طريق الكمبيوتر الشخصي. وليس ثمة ما يدعونا إلى الشك في أن مثل هذه الخدمات ستصبح أكثر انتشارًا ويسرًا خلال العقد التالي، على الرغم من استخدام هذه الشبكة في أعمال أخرى محظورة.

والملاحَظ في سعينا لبيان تحول الاتصالات الحديثة من خلال استخدامات الكهرباء أننا تتبعنا الخطوط الرئيسية للتطور ابتداءً من التلغراف الكهربي وحتى الكمبيوتر، ولكن ثمة جوانب أخرى من التحول تستحق الذكر لما لها من إسهامات مهمة لتيسير الاتصالات بصورة كبيرة على نحو ما نفيد بها اليوم. ونذكر من بين هذه التسهيلات تسجيل الصوت والصورة؛ إذ تطور بفضل معرفتنا بعلم الكهرباء، ولكن ثمة تسهيلات أخرى، مثل التصوير الضوئي، ما كان له أن يحدث من دون استخدام الكهرباء. وكان المخترع صاحب الإنتاج الغزير توماس ألفا إديسون أول من وضع تصميمًا لطريقة تسجيل الصوت. وسجل براءة اختراعه الحاكي أو الجراموفون العام ١٨٧٧م، أي قبل اختراعه المصباح الكهربائي بأربع سنوات، عندما اكتشف أن بالإمكان تسجيل الأصوات عن طريق استخدام مكبِّر صوتي بحيث يذبذب إبرة فتحفر خدوشًا على سطح طبلة فوقها رقيقة من مادة الطَّفْل، ويمكن استرجاع الصوت عن طريق تحريك إبرة في حركة سريعة عبر هذه الخدوش فتلتقط ذبذباتها لتنتقل إلى مكبر للصوت. وبدا هذا اكتشافًا مذهلًا غير مسبوق. وتصوَّر إديسون أن تطبيقاته ستكون أساسًا في مجال الأعمال والتجارة، وكان ذلك قبل اكتشاف الإمكانات الكبيرة للجراموفون، كما أصبح اسمه معروفًا بعد ذلك، ولكن سرعان ما شاع على نطاق كثيف كوسيلة لتسجيل جميع أنواع الموسيقى للترفيه في أوقات الفراغ. وطرأت عمليات تحسُّن كثيرة ومستمرة على هذا الجهاز حتى وصل إلى الجراموفون المعروف باسم «لاقط الإرسال» أو الـ «بيك أب» رفيع المستوى، وكذلك القرص المُدمَج أو السي دي المستخدم اليوم، ولكن المبادئ الأساسية لها جميعها هي ذات المبادئ التي وضعها إديسون على الرغم من أننا تخلينا تمامًا عن طريقته القديمة للتسجيل فوق سطح طبلة.

والمسجل هو جهاز سمعي أكثر منه جهازًا كهرومغناطيسيًّا، ولكن الكهرباء أصبحت ملحقًا ذا قيمة كبرى لتوفير آلية الحركة وتحسين نوعية الاسترجاع. ونعرف من ناحية

أخرى أن الشريط المغناطيسي وثيق الارتباط بتطور القوى الكهربائية والإلكترونيات مثلما هي الحال بالنسبة لشريط التسجيل المغناطيسي الذي جاء من بعده. واختَرَع في بولسين العام ١٨٨٩م طريقة لاستخدام تيار كهربائي ناتج عن الصوت لمغنطة شريط من الصلب، وأطلق عليه اسم التلغرافون Telegraphone، ولكن هذا الاختراع لم يحقق على مدى عقود عدة أي تقدم ملحوظ في سوق يهيمن عليها الجراموفون. ولم تبدأ الاستفادة بهذه الفكرة تجاريًّا في المسجل الحديث إلا بعد الحرب العالمية الثانية، وحققت منذ ذلك التاريخ تقدمًا كبيرًا، وأصبحت لها تطبيقات جديدة وكثيرة في مجال الصناعة والعلوم والتعليم والاتصالات، علاوة على الاستعمالات العدة لعلبة الشرائط التي لها دور كبير في سوق تسجيل الموسيقى للاستمتاع في أوقات الفراغ. وتمت أيضًا ملاءمة تقنيات التسجيل المغناطيسي للمعلومات للعمل في صورة قرص، والذي أصبح قَسَمة عامة لتكنولوجيا المعلومات المعاصرة.

وثمة تكنولوجيا أخرى، وإن كانت تستخدم مبادئ أساسية جديدة إلى حد كبير، وهي تكنولوجيا مستمدة من الضوء كحامل لتوصيل المعلومات. والمعروف أن كلارك ماكسويل أثبت أن هناك علاقة وثيقة بين الضوء والكهرومغناطيسية. وهيأ هذا الاكتشاف إمكان استخدام الضوء بديلًا من الإشارات الكهرومغناطيسية. وأُجريت بحوث على مدى العقود التالية للحرب العالمية الثانية تستهدف تكوين «ضوء متلاحم»، وذلك عن طريق موجات الضوء التي تنبعث عفويًّا، بحيث تتركز في صورة شريط أو حزمة واحدة، وهذا هو ما أدى إلى إنتاج الليزر laser (تضخيم الضوء عن طريق حفز انبعاث الإشعاع Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)، بما له من نتائج عملية واسعة النطاق؛ ذلك أن له استعمالات عسكرية في تكنولوجيا «حرب النجوم»، وفي الطب في مجال الجراحة الباطنية الدقيقة. وعلاوة على هذا بدأ استعمال الليزر في مجالات عدة تتعلق بتكنولوجيا الاتصالات؛ ذلك أن الليزر يوفر، من بين أشياء كثيرة، وسائل سريعة ورائعة لنقل المعلومات من أقراص الكمبيوتر في صورة مطبوع. ونعرف الآن أن تسجيلات الأقراص المدمجة التي نستمتع بموسيقاها في وقت الفراغ إنما تعتمد على تكنولوجيا الليزر.

وبدأ التصوير الفوتوغرافي منذ مطلع القرن التاسع عشر بعد أن أدرك الإنسان أن الضوء يسبب تفاعلات كيميائية في بعض المواد. وبدأت البحوث لتحديد أكثر المواد حساسية للضوء، ولمعرفة طريقة لتثبيت الصورة عند سقوط ضوء مناسب عليها. واستطاع عالم الطبيعة الفرنسي نيبس Niepce أن يلتقط أول صورة فوتوغرافية واضحة العام ١٨٢٦م

مستخدمًا لوحة من مادة البيوتر Pewter (سبيكة من القصدير والرصاص) مغطاة بمادة البيتومين، وعرَّضها لضوء النهار يومًا كاملًا. ومضى مساعده داغير بالتجربة شوطًا أبعد مستعينًا بأسلوب معروف باسمه «التصوير الدغري»، واستخدم فيه لوحًا من النحاس المفضَّض، وأنتج صورًا شديدة الوضوح، ولكن لم يكن بالإمكان إنتاج أكثر من طبعة واحدة، ولا يمكن استنساخها. وكان في هذه الأثناء رجل إنجليزي يُدعى فوكس تالبوت يُجري تجارب على ورق مُغطًّى بمادة كلوريد الفضة، وأنتجت هذه الطريقة صورة سالبة، والتي يمكن أن نستخرج منها أي عدد من الصور الموجبة. وكانت أول صورة فوتوغرافية هي صورة منظر من نافذة بيته. وحصل على براءة اختراعه العام ١٨٤١م.

وكانت المهارات في مجال التصوير الضوئي (الفوتوغرافي) محدودة أول الأمر؛ وذلك بسبب تعقد العمليات وبطء المعدات؛ إذ كانت عملية تظهير الفيلم، وهي عملية حاسمة، يتعين إنجازها فورًا عقب تعريضه للضوء، كما تستلزم معالجة «رطبة» بعديد من السوائل، ولكن ابتكار تقنية «اللوح الجاف» أدى إلى تبسيط العملية؛ إذ لم تعد هناك حاجة لحمل غرفة معتمة متحركة ومعدات تظهير. وهكذا خطا التصوير الضوئي خطوات مهمة على الطريق ليصبح وسيلة شعبية للاتصال والترفيه. وحدثت تطورات مقابلة في حساسية طبقة الفيلم الحساسة للضوء، وكذلك في تصميم الكاميرا، واستخدام مادة السيلولويد البلاستيكية الجديدة كمادة أساسية لصناعة أفلام التصوير. وأدى هذا على يد الأمريكي جورج إيستمان إلى ابتكار الكاميرا المعروفة باسم كوداك العام ١٨٨٨م، وهكذا أصبح التصوير الضوئي ميسورًا لكل إنسان بأبسط الموارد المالية. ويجري تقطيع مادة السيلولويد إلى شرائح مع جعْلها حساسة للضوء، ثم لف الشريط في بكرات توضع داخل الكاميرا، وهنا يلتقط صاحب الكاميرا ما يشاء من الصور ليعود بآلته إلى ورشة التحميض لتظهير وطباعة الصور، وتركيب فيلم جديد فيها.

وهكذا انتشر التصوير الضوئي سريعًا منذ تسعينيات القرن التاسع عشر، وساعد على هذا صناعة آلات تصوير أفضل، وأفلام أكثر حساسية، واستحداث تقنيات رخيصة ودقيقة لاستنساخ الصور الملونة. وظهرت للتصوير الضوئي استعمالات كثيرة جدًّا، ونادرًا ما تكتمل الآن مراسم حفل زفاف أو عطلات الأسبوع للعائلات من دون تسجيل أحداثها بالصور الفوتوغرافية. وشهد التصوير الضوئي على المستوى المهني تقدمًا كبيرًا لما يقدمه من إسهامات متميزة في مجال الطب وفروع علمية أخرى، وكذلك التقنيات الصناعية، وفي الحرب. ووَجَد التصوير من حيث صلته الوثيقة والمباشرة بوسائل الاتصال مجالات واسعة لاستعماله كوسيلة لتصوير الصحف وغيرها من المطبوعات. وبدأ إصدار صحيفة

ديلي جرافيك في يناير ١٨٩٠م، وهي أول صحيفة بريطانية مصورة على نحو شبه كامل. وبدأ استخدام عمليات مختلفة لاستنساخ الصور الفوتوغرافية، وأصبحت صور الأنباء أو الأنباء المصورة أسلوبًا عاديًّا لإضفاء مصداقية بصرية على المعلومات.

واستخدمت تكنولوجيات أخرى الكاميرا بنجاح كبير، خاصةً في مجالَي السينما والتليفزيون، وأصبح من المسلَّم به الآن أن التليفزيون جزء من تطور الاتصالات الكهربائية، ولكن الجدير ملاحظته أن هذا ما كان له أن يحدث لولا التحسينات السابقة في تكنولوجيا الكاميرا، وبخاصة كاميرا الأفلام السينمائية. والمعروف أن وليام فرايس جرين من بريستول أجرى في ثمانينيات القرن التاسع عشر تجارب على كاميرا السينما، ولكن الفضل في الوصول إلى اختراع ناجح يرجع إلى العالم الفرنسي ماري Marey، الذي صنع العام ١٨٨٢م كاميرا للسينما مُستخدِمًا ورق تصوير فوتوغرافي، ومصراعًا أو غطاء يحجب الضوء عن الفيلم في أثناء حركته. واستطاع أن يلتقط بهذه الكاميرا اثنتي عشرة لقطة في الثانية. وكان إديسون نشطًا هنا أيضًا كعهده في مجالات الابتكارات الأخرى في نهاية القرن التاسع عشر، وابتكر الفيلم المصنوع من السيلولويد مقاس ٣٥مم، الذي به ثقوب وعجلات مُسنَّنة لضبط حركة الفيلم. وافتتح إديسون دار تسجيل الحركة في برودواي العام ١٨٩٤م، ولكن معدات وتجهيزات الدار كانت سيئة غير ملائمة؛ إذ لم يكن باستطاعة أكثر من شخص واحد أن يشاهد الأداء. وهكذا يعود الفضل مرة أخرى، بالنسبة لأول عرض، إلى فرنسا حيث استطاع الأَخَوان لوميير افتتاح سينما في بدروم مقهى باريس العام ١٨٩٥م. وسرعان ما قُلِّد إنجازهما هذا في أمريكا وبريطانيا.

وحظيت السينما بشعبية لا مثيل لها خلال النصف الأول من القرن العشرين، وتطورت سريعًا مع تقديم عروض صغيرة لأفلام قصيرة؛ إذ كان هذا هو المتاح آنذاك، وصولًا إلى عرض «الملاحم» والمسلسلات الكبرى التي يمتد عرضها ساعات عدة أمام جمهور واسع. وكانت «العروض السينمائية» جميعها على مدى العقود الثلاثة الأولى عروضًا صامتة وإن صاحبتها أحيانًا بعض المؤثرات الموسيقية في صورة عازف للبيانو يعزف بشخصه، أو مؤثرات موسيقية غير مرئية. وبدأت في الثلاثينيات من القرن العشرين أول الأفلام السينمائية الناطقة؛ إذ كان يُسجل مدرج التسجيل الصوتي على جانب الفيلم ليتحول إلى صوت بواسطة خلية كهروضوئية وصمامات ثرميونية، وبعد ذلك مباشرةً بدأ استخدام الفيلم الملون في التسجيل السينمائي بديلًا من الفيلم الأبيض والأسود، وأدت هذه التطورات إلى أن زادت قبضة السينما إحكامًا في الهيمنة على الخيال العام، وشجعت على قيام صناعة ضخمة للسينما في هوليوود وكاليفورنيا وغيرهما، كما

ظهر معها نظام «نجوم السينما» الذي حظي بفضله كبار الممثلين على شهرة شعبية تطبق الآفاق. والملاحظ أنه خلال الوضع الدولي الحرج في ثلاثينيات وأربعينيات القرن قدمت السينما خدمة عظمى فيما يتعلق بالأنباء والمعلومات عن طريق ما يُعرف باسم الشريط الإخباري، والأفلام التسجيلية، واستُخدمت السينما على نطاق واسع كأداة دعاية «بروباجندا»، وأصبحت السينما — بمعنًى ما — أول وسائل اتصال جماهيرية حديثة قبل الراديو.

وأدى الانتشار السريع للتليفزيون منذ الحرب العالمية الثانية إلى حدوث انكماش كبير لأثر السينما؛ إذ تغيرت العادات الاجتماعية تغيرًا مفاجئًا وحادًّا بعد أن أصبح التليفزيون يقدم جميع الخدمات التي كانت تقدمها في السابق دور عرض السينما في الأحياء المحلية، ولم يستمر سوى دور السينما في المدن الكبرى، وإن اضطُرت هي الأخرى إلى إدخال تعديلات في بعض أنشطتها. وتوارت شرائط الأخبار، وبدأ نظام عرض برامج سينمائية من فيلمين كبيرين، علاوة على عدد من الحيل التكنولوجية المختلفة، مثل الشاشات العريضة «السينما سكوب» لتأكيد التميز على شاشات التليفزيون. ولا تزال صناعة الأفلام واسعة النطاق؛ إذ تُنتَج بكميات كبيرة، ولكنها بدأت تعتمد جزئيًّا على التليفزيون التماسًا لأوسع سوق ممكنة. هذا علاوة على أن النفقات المالية الضخمة التي تستلزمها أدت إلى تركز إنتاج السينما في أيدي عدد محدود جدًّا من الشركات الكبرى، ولكن العروض السينمائية العامة ما فتئت تحظى بشعبية كبيرة في الهند والصين. وتُعتبر السينما هناك وسيلة مهمة من وسائل الاتصال الجماهيري على الرغم من انحسار نفوذها في بلدان الغرب.

أخيرًا، ونحن نختتم هذا العرض العام لمظاهر التحول في تكنولوجيا الاتصالات منذ مطلع القرن التاسع عشر، يجدر بنا أن نعود إلى حيث بدأنا لنتأمل التغيرات التي طرأت على أقدم تقنيات الاتصال الحديثة، ونعني بها عالم الطباعة. حدث عمليًّا تقدم طفيف في عملية الطباعة ذاتها على مدى القرون الثلاثة بعد نشر أول كتاب مطبوع بحروف متحركة، وهو الكتاب المقدس الذي طبعه جوهان جوتنبرج، وأكمَلَه في بلدة مينز العام ١٤٥٦م. والملاحظ أن نجاح جوتنبرج مُستمَد من قدرته على الجمع بين عدد من التقنيات الموجودة سابقةً عليه؛ الطباعة الخشبية التي طُوِّرت لاستخدامها في عمليات صناعة النبيذ، وصبُّ الأحرف الذي تم وفقًا لنماذج خاصة بتقنيات سبك المعادن، وهي تقنية راسخة، ثم الحبر المصنوع من مادة زيتية القاعدة ونستخدمه في الرسم. وأخيرًا الورق المصنوع من عجينة لُباب الخِرَق البالية، والذي أصبح متاحًا في غرب أوروبا آنذاك منذ فترة وجيزة،

ولكن استمرار اختراعه يمثل شيئًا لافتًا للأنظار ويعكس حجم إنجازه. لقد غمر أوروبا طوفان من الكتب من جميع الأشكال والأحجام تتناول كل الموضوعات التي يتصورها العقل. وأمكَنَ بفضل هذه الوسيلة تواصُلُ حجم هائل من المعلومات بين الناس، سواء على مستوى الأفراد أو من أنشطة جماعية.

وتزايد نطاق الكلمة المطبوعة أكثر فأكثر خلال القرن الثامن عشر مع تزايد انتشار الصحف والمجلات، علاوة على اطراد اتساع نطاق عادات القراءة على مدى القرن التاسع عشر مقترنًا بتطور التعليم الابتدائي والمؤسسات الديمقراطية، وتأسيس قاعات للقراءة في المكتبات العامة، واستلزم هذا التوسع تقدمًا في تكنولوجيا الطباعة، وهو ما تحقق على سلسلة من المراحل خلال القرن التاسع عشر. وجاءت «أول خطوة» في اتجاه مكننة الطباعة العام ١٨١٤م، وقتما طبقت صحيفة التايمز طريقة فريدريك كوينج (أسطوانة التشكيل بالكبس)، وهذه عبارة عن ماكينة طبع تتحكم في قوة دفع البخار الواصل إلى فرشة أحرف ترددية بحيث تُنتِج صحائف مطبوعة بمعدل ١١٠٠ في الساعة، وهو ما يعادل أربعة أضعاف ناتج الطباعة اليدوية. وجاءت «الخطوة الثانية» وهي التحول إلى الحركة الدورانية في الطباعة بما يسمح للمطبعة بالدوران في حركة مستمرة وليست متقطعة. وأنتج الأمريكي آر إم هو أول مطبعة دوارة تعمل بصورة مُرضية العام ١٨٤٤م. وتميزت إحدى ماكيناته التي ركبتها صحيفة التايمز العام ١٨٥٦م بالقدرة على طبع ٢٠ ألف نسخة في الساعة. وجاءت بعد ذلك خطوة أبعد مدًى، وهي استخدام بكرة الورق التي تدور في حركة مستمرة، وأدى هذا إلى استحداث ماكينات الطبع الأوتوماتيكية بالكامل. وأول من أنجزها هو دبليو يولوك في أمريكا في ستينيات القرن التاسع عشر، ثم الماكينة الدوارة التي أنجزها والتر، وأدخلت عليها صحيفة التايمز تحسينات لتبلغ حدًّا كبيرًا من الكمال.

ومع التحولات التي طرأت على ماكينات الطبع حدثت تطورات في قطاعات أخرى خاصة بعملية الطباعة، مثل عملية صب أحرف الطباعة وتنضيدها. وأصبحت هذه عملية آلية بالكامل بحلول العام ١٨٨٤م، وذلك مع اكتشاف ماكينة «اللينوتيب»؛ أي ماكينة تنضيد وسبك أحرف الصف بأكمله. وأخذت هذه الماكينة اسمها من واقع أن قوالب الأحرف تُجمع آليًّا بواسطة لوحة مفاتيح، وصب كل سطر من الأحرف في قطعة واحدة من المعدن المنصهر، معنى هذا أنه لم تعد هناك حاجة إلى الكدح من أجل جمع الأحرف يدويًّا، ثم إعادة توزيعها وإعادتها إلى أماكنها بعد الانتهاء من عملية الطبع؛ إذ يكفي الآن صهر الأحرف بعد استخدامها.

وأصبحت عملية التحكم عن طريق لوحة المفاتيح أمرًا عاديًّا مألوفًا. وعزَّز هذه العمليةَ كثيرًا اختراعُ آلة كتابة جديدة على يد الطَّباع الأمريكي سي إل شولس، وصنعت شركة رمنجتون العام ١٨٧٣م أول آلة كاتبة قادرة على تحمُّل الخدمة الشاقة، وسرعان ما استخدمتها مؤسسات الأعمال في الوقت الذي أخذت تتزايد فيه أحجام المشروعات الصناعية، علاوة على أن الحاجة إلى تسجيلات دقيقة جعلت من الآلة الكاتبة أداة خدمة عالية القيمة للغاية. وهكذا استطاعت الآلة الكاتبة، وكذا ماكينة الجدولة، وآلة تسجيل النقد والهاتف أن تُحدِث ثورة في مجال الأعمال المكتبية مع نهاية القرن التاسع عشر ومطلع القرن العشرين. ولعل أعظم دلالة اجتماعية لهذه الثورة أنها عجَّلت بخروج المرأة للعمل وتدفُّقها على أعمال السكرتارية. والجدير ذكره أن إحصاء العام ١٨٨١م سجَّل وجود ٧ آلاف امرأة يعملن في الأعمال الكتابية في إنجلترا وويلز. ثم ارتفع العدد بحلول العام ١٩٠٠م إلى ١٤٦ ألفًا، ولكن — وعلى الرغم من ذلك — كانت بريطانيا متخلفة عن أمريكا في هذا الصدد. وهكذا تهيأت فرص العمل المهني للمرأة من خلال الآلة الكاتبة، وهو ما أدى بالمرأة إلى أن يكون لها دور مهم في حركة المجتمع من أجل المساواة بين الجنسين.

وفي القرن العشرين أدى نظامَا التنضيدِ الضوئي للأحرف، وتوضيبِ الفيلم إلى الإسراع بالطباعة خطوات واسعة إلى الأمام، بينما جرى استخدام الحَفْر الفوتوغرافي، أو ما يُعرف باسم الليثوغرافية الضوئية (أي: الطباعة بصفائح مُعَدة فوتوغرافيًّا) لأنواع كثيرة من الاستنساخ التصويري. واستُحدثت طريقة جديدة للاستنساخ السريع لخدمة المكاتب ولأغراض أخرى، من بينها التصوير الجاف «زيروجرافي» الذي ابتكره الأمريكي شيستر كارلسون في ثلاثينيات القرن العشرين. وأَدخلت هذه الطريقة تقنية جديدة لطباعة أي عدد من نسخ الوثيقة، وهذه هي تقنية الموصلية الضوئية؛ إذ إنها نتيجة تأثير كهروضوئي حيث تزيد الموصلية الكهربية لمواد بذاتها عند سقوط الضوء عليها. ووَجَد التصوير الجاف (زيروجراف) — شأن وسائل الاستنساخ السريع — استخدامات واسعة في مؤسسات الأعمال الحديثة وفي المؤسسات الإدارية. ولاقت أجهزة الفاكس (النقل طبق الأصل) نجاحًا مماثلًا لمسح الصفحات المطلوب طباعتها ونقلها بواسطة شبكة الهاتف ثم استنساخها عند نقطة التسلم.

وهكذا شهد إنتاج الكلمة المطبوعة كوسيلة اتصال تحولات مهمة جذرية على مدى القرنين الأخيرين، وهو ما يعادل الابتكارات في أشكال الاتصال الأخرى القائمة على

استغلال الكهرباء. وأسهمت يقينًا بنسبة موضوعية كبيرة في زيادة حجم المعلومات التي أضحت الآن متاحة دائمًا لكل فرد بفضل التكنولوجيا التي في خدمته. إن تكنولوجيا المعلومات، والتي تشتمل على إعداد برامج للتحكم في أجهزة الكمبيوتر، وتخزين كميات كبيرة من البيانات على شريط أو قرص مُمغنَط، والتبادل الفوري بين شبكات معلومات متباعدة بعضها عن بعض بعدًا كبيرًا؛ كل هذا تطور خلال ثلاثة عقود، وتحول من مجرد فضول معرفي نظري ليصبح شيئًا عاديًّا شائعًا في المجتمعات الصناعية. ويتعين النظر إلى هذا المرفق الخاص بالاتصالات الفورية على نطاق العالم باتساعه، باعتباره الجانب الأهم والأكثر إثارة من بين جوانب الثورة التكنولوجية جميعها.

الفصل العاشر

المرافق: المباني والجسور والخدمات

التحول في مجالات الإنتاج الصناعي والنقل والاتصالات — شأن التحول في مصادر القوى المحركة التي يسَّرتها التكنولوجيا — تميز بأنه عملية تطور تراكمي، بحيث إن كل ابتكار جديد إنما نشأ عن تكنولوجيا نضجت واستقرت. ويمكن لمثل هذه التكنولوجيا المهيمنة أن تحفز إلى نقلات جديدة بفضل كلٍّ من إنجازاتها، وأيضًا أوجُه قصورها، وتُقدِّم أيضًا نماذج وسوابق لتطورات جديدة، وتشجعها عن طريق الكشف عن أسواق محتملة لها. ولم تكد أي تكنولوجيا جديدة تبلغ غاية نضجها حتى تتخلص من تبعيتها لسوابقها، وتُولِّد نمطها الخاص للتشغيل والعمل واستجابات السوق بصددها. ويمكن لنا أن نلحظ العملية ذاتها سارية المفعول في التجهيزات الأساسية التكنولوجية، مثل المباني وإمدادات المياه وغيرها من مرافق توفر الخدمات العامة الأساسية، وهذه جميعها هي جزء من الكون الأكبر للتكنولوجيا الحديثة، وهو ما سوف نَعرِض له في هذا الفصل.

تُعتبر المباني المنتج الأولي لأي مجتمع يطمح إلى زيادة أسباب رخائه. إنها ضرورية لراحة السكان، ولتوفير الحماية للعمليات الصناعية وللماكينات، فضلًا عن ضرورتها لأغراض الدفاع والثقافة. وتُعتبر المباني من حيث وجودها ونوعها بيِّنة رائعة تعتمد عليها أي دراسة أثرية على أي مجتمع لتحديد مستوى التطور التكنولوجي للمجتمع. وكان المبنى في المجتمعات الأولى يُصنع عادةً من الخشب والخُث والطين، والحجر السائب؛ ولهذا كان عمره قصيرًا، ولكن عَرَفت المجتمعات تدريجيًّا تقنيات صناعة الطوب، وبدأ تشييد المباني بأشكال بنائية جيدة، على نحو ما تشهد آثار الأزمنة القديمة في حضارة الإنكا في جبال الإنديز في أمريكا الجنوبية كمثال؛ إذ توضح هذه الآثار كيف أن بناتها امتلكوا ناصية هندسة البناء وصناعة الأحجار. والملاحظ أن عمال البناء بالأحجار اعتادوا تجنُّب الصخور الصلبة مثل الجرانيت، وفضَّلوا عليها الحجر الرملي والحجر الجيري لسهولة

تشكيلهما. وهذه هي الأحجار التي بُنيت بها الكاتدرائيات العظيمة والقلاع العتيدة، ولكن الملاحظ — كقاعدة عامة — أنهم اضطُروا إلى استخدام مواد في متناول أيديهم؛ ذلك لأنهم كانوا يعيشون في عصر حركة نقل بدائية وضعيفة؛ لذلك كان نقل الأحجار عبر أي مسافة طويلة أو قصيرة عملية شديدة البطء ومجهدة للغاية.

وخفَّف من الاعتماد على المواد المحلية تطوران تكنولوجيان؛ أحدهما: التوصل إلى طرق مُحسَّنة في مجال النقل، خاصةً طريقة النقل المائي، والثاني: انتشار تقنيات صناعة مواد بناء اصطناعية، مثل الآجُرِّ والقرميد والزجاج. والمعروف منذ قديم الزمان أن الآجُرَّ يُصنع من طين محروق؛ إذ كان هكذا يُصنع في حضارة ما بين النهرين. لا تزال هذه الطريقة مُتبَعة في بلدان كثيرة، من بينها الصين. وابتدع الرومان طريقة القمائن لحرق الطوب حرقًا كاملًا ليكون أشد صلابة وأكثر تحملًا للبقاء طويلًا. وأَحْيت الحضارة الغربية خلال العصور الوسطى هذه التقنيات، بحيث زاد الاعتماد على الآجُرِّ والقرميد، خاصةً في بناء منازل المدن، ونُظِّمت عملية صناعة الآجُرِّ والقرميد، شأن عمليات أخرى كثيرة، على أساس صناعي وآلي في القرن التاسع عشر. وكنتَ ترى قمائن حرق الطوب مشتعلة على الدوام لإنتاج كميات هائلة من الطوب الجيد، ليستعمله البناءون في القرن التاسع عشر لبناء المنازل والمصانع ودور العبادة والمباني العامة. ومع تحسُّن مرافق النقل إثر انتشار السكك الحديدية تركَّز إنتاج الطوب في المناطق التي يتوافر بها أجود أنواع الطَّفْل، علاوة على سهولة الوصول إلى الأسواق الرئيسية.

وتَضرِب صناعة الزجاج أيضًا بجذورها في العالم القديم، ولكنها لم تصبح متاحة بكميات وفيرة إلا في القرن السادس عشر لتوفير مستلزمات نوافذ المنازل. وأَحْيت البندقية (فينيسيا) في أوروبا الغربية تقنيات صناعة زجاج «البِلَّور أو الكريستال» ذي النوعية الراقية، مثلما أحيت صناعة أنواع زجاج أكثر بساطة خاصة بمستلزمات النوافذ وصناعة القوارير الزجاجية. وانتشرت هذه الصناعة من البندقية إلى بلاد الفلاندرز ثم إلى إنجلترا. وكانت المواد الأساسية اللازمة لصناعة الزجاج — وهي الرمل والخشب كوقود — متوافرة على نطاق واسع، ولكن أصبحت العوامل المحلية الرئيسية هي البحث عن أسواق متنامية، وتوافُر الحرفيين المَهَرة. واستطاع الصناع الإنجليز أن يطوروا مصنعًا مخروطي الشكل متميزًا، بحيث يكون الفرن في الوسط مع أواني الزجاج المصهور، ومن حوله ولكن على مسافة بعيدة عمال نفخ الزجاج لممارسة عملهم الماهر. وأصبحت هذه العمليات جميعها خلال القرنين الأخيرين عملية آلية لإنتاج الزجاج بكميات كبيرة. وتجري الآن عملية

حديثة هي صناعة الزجاج «العائم»، حيث تتشكل ألواح الزجاج فوق حمام من القصدير المذاب. وتحتاج هذه العملية إلى التحكم الحذر في الظروف المحيطة، وأن تتم داخل وعاء محكم الغلق.

ولا شيء يعادل الحديد أهمية من بين جميع المواد التي حولت تقنيات البناء الحديث. إن الوفرة النسبية للحديد، خاصةً في صورة حديد زهر، أصبحت قَسَمة مميزة للحضارة الغربية بعد تطبيق نظام الفرن العالي في التكنولوجيا الأوروبية خلال القرن الخامس عشر. وسبق أن اقترحنا على سبيل المماثلة من حيث التمايز الأركيولوجي بين العصرين الحجري القديم والحديث؛ أن من المعقول اعتبار هذا الابتكار علامة مرحلة جديدة في التحول من عصر الحديد القديم، حيث كان إنتاج الحديد في كتل مطروقة صغيرة في حجم كرة القدم، وتُستخدم في صناعة الأسلحة والأدوات المهمة، إلى عصر الحديد الحديث حيث إنتاج الحديد الصلب بواسطة الأفران العالية بكميات كبيرة، ومن ثم أقل تكلفة. وهكذا أصبح بالإمكان استخدامها لأغراض يومية أكثر كثيرًا مما كان في السابق. وهكذا أضحى الحديد يقينًا مادة بناء مهمة جدًّا في القرن الثامن عشر، وإن لم يكن — إلا نادرًا — قَسَمة خارجية مميزة للبناية، سواء من حيث الهيكل أو كسوته الظاهرة. وتجلَّى الحديد بأثره الفذ في إحدى البنايات، وهي القصرالبِلَّوري المبني العام ١٨٥١م؛ إذ صُنع إطاره العام من أعمدة وعوارض من الحديد الزهر طبقًا لنموذج المعهد الموسيقي الذي بناه سير جوزيف باكتون في شاتسورث هاوس. وهناك عدد من الكنائس والدور العامة التي بُنيت بالكامل بطريقة تجميع قطاعات الحديد الزهر. والجدير ذكره أن مؤسسة واحدة على الأقل في بريستول نهضت بتجارة مزدهرة، ألا وهي تصدير مبانٍ سابقة التجهيز إلى المستعمرات.

ولعل الأهم من ذلك هو استخدام الحديد في صناعة الإطار العام للمباني لتكون ضد الحريق، وذلك بتجنُّب استخدام جميع المواد القابلة للاشتعال في أعمال التشييد. وبدأ تطبيق هذا النوع من التصميمات في أواخر القرن الثامن عشر، ثم اتسع نطاق استخدامه لمصانع النسيج وغيرها من المباني العامة الكبرى. وأهم القَسَمات المميزة لهذه المباني إطار عام من أعمدة الحديد الزهر، وعوارض مكسُوَّة بالآجُرِّ أو الطوب، وأقواس من الطوب تصل ما بين العوارض التي تحمل السقف. ولم يكن الخشب مستخدمًا — إذا ما استُخدم — إلا لعمل عوارض السقف؛ إذ كانت أُطر النوافذ هي الأخرى مسبوكة من الحديد، ولكن على الرغم من كل هذا الحذر حدث أن اشتعلت النيران في بعض هذه المباني بسبب العمليات والمواد التي تشتمل عليها. مثال ذلك أن المواد الخام والألياف النسجية

والماكينات التي تعمل بالزيت لجمع القمامة، وتُولِّد حرارة احتكاكية كانت دائمًا معرَّضة لأخطار الحريق، بيد أنه من الملاحظ في تشييد المباني الكبرى أن استعمال الحديد الزهر بقصد تقليل الأخطار إلى أدنى حد ممكن قدَّم إسهامًا فعالًا ضمانًا للأمن العام. ويكفي أن بعض المصانع المبنية على أساس مقاومة الحريق مع بداية هذه المرحلة لا تزال قائمة كما هي سليمة تمامًا.

وعندما تجاوز الفولاذ إنتاج حديد الزهر باعتباره المنتج الأكثر وفرة في مجال صناعة الحديد؛ أصبح هو المادة المتاحة لصناعة الأُطر العامة للمباني، مثلما كانت الحال في صناعة مسارات السكك الحديدية وبناء السفن. ونظرًا لأن الفولاذ أقوى من الحديد الزهر وأقل هشاشة بات اقتصاديًّا أكثر في صناعة الهياكل الكبرى، وهكذا بدأ عصر ناطحات السحاب. وظهرت في شيكاغو أول بناية شاهقة الارتفاع وذات هيكل فولاذي قرب نهاية القرن التاسع عشر. وأصبح هذا الأسلوب على الفور هو الشائع في المدن الأمريكية. وبدأت بلدان العالم الغربي في تطبيقه ولكن بدرجات مختلفة من الحماسة؛ نظرًا لأن مُدنًا كبرى عريقة، مثل باريس، قاومت إقحام طراز غريب عليها، ولكن الشيء المثير واللافت للنظر أن باريس هي التي طبَّقت نظام الهيكل ذي العوارض المصنوعة من الحديد المطاوع — برج إيفل العام ١٨٨٩م — ليكون قَسَمة مهيمنة لأفق المدينة.

وتزايد استخدام الحديد الآن في تلازم مع الأسمنت في صورة الخرسانة المسلحة التي تمتد بداخلها أسياخ الحديد وسط كتلة من الأسمنت، أو في صورة ما يُسمى خرسانة سابقة الإجهاد، حيث تُشيَّد أسياخ الحديد بجهد عالٍ ثم تُبيَّت داخل الأسمنت. ويساعد استخدام هذه المواد على خفض نسبي في مجمل ثقل الهيكل، علاوة على ما يقابل هذا من مزيد من رشاقته.

وقبل شيوع استخدام الحديد كعنصر أساسي من عناصر البناء؛ استُخدم الحديد في تشييد أول جسر حديدي أُقيم عبر نهر سيفرن قرب كولبروك دال في شروبشاير، وأشرف عليه إبراهام داربي العام ١٧٧٩م. وامتد العمر بهذا الجسر، وبقي ليصبح واحدًا من أهم المعالم الأثرية الصناعية في العالم. والجدير ملاحظته أن المسئولين عن بنائه — شأن ما يحدث في جميع الابتكارات المذهلة — عملوا في حدود التقنيات المعروفة؛ قطاعات الحديد الزهر تُجمع وتُركَّب مع بعضها كأنها قطعة من أعمال النجارة، وتُعطَى شكل القوس شبه الدائري التقليدي في البناء. واتجهت أوروبا آنذاك إلى تحويل الجسور المبنية على شكل قوس إلى شكل آخر عبارة عن مقاطع مستعرضة إهليلجية رقيقة. ونجد

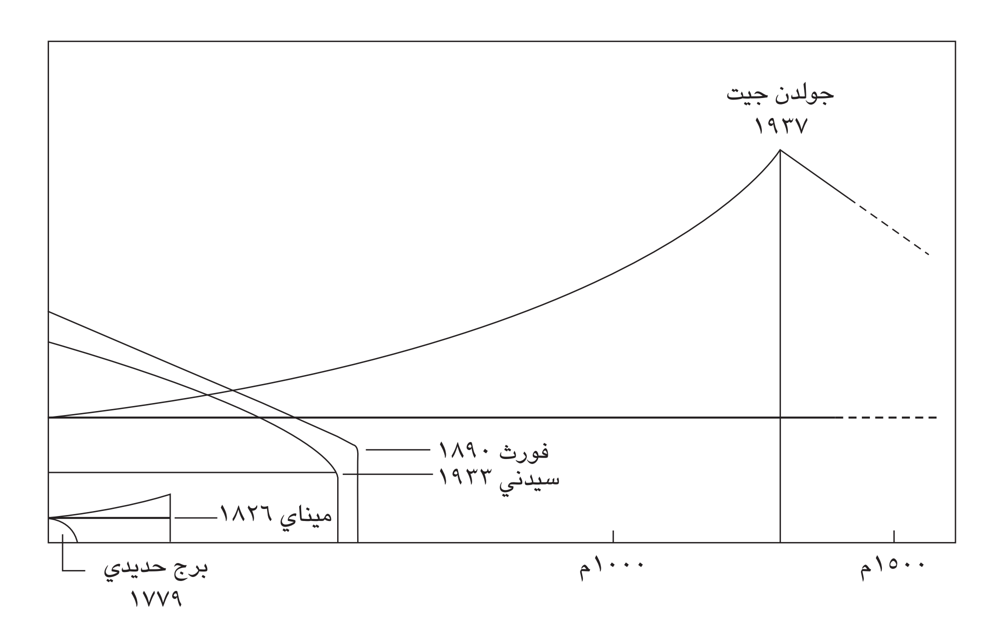
مثالًا على هذا في الجسر الذي شيَّده توماس تلفورد عبر نهر سيفرن ذاته عند منطقة جلوشستر، ولكن مُبتكري جسر كولبروك دال ارتضوا الشكل التقليدي للجسر الحديدي الذي شيَّدوه، شأنهم في هذا شأن بناة الجسور الأوائل. وسرعان ما أصبح واضحًا أن العوارض الحديدية جعلت من القوس شيئًا زائدًا عن الحاجة. وتبيَّن في منتصف القرن التاسع عشر أن استخدام عوارض الحديد الزهر يجعلها غير آمنة عند استخدامها لصناعة جسور السكك الحديدية؛ ولهذا سرعان ما حلت محلها عوارض مُركَّبة، هي شبكة من أجزاء الحديد المطاوع. وأدى انتشار خطوط السكك الحديدية إلى حدوث زيادة كبيرة في صناعة هذا الطراز من الجسور الحديدية في جميع أنحاء العالم.

وظهر في هذه الأثناء، خلال القرن التاسع عشر، طراز آخر من الجسور للامتدادات الطويلة والمعروفة باسم الجسور أو الكباري المُعلَّقة. ونجد سوابق قديمة ومعمرة لهذا النوع من البناء في الصين أو في غيرها، ولكن بناء كوبري مُعلَّق بسلاسل من الحديد المطاوع هو ابتكار عشرينيات القرن التاسع عشر، نُفِّذ لأول مرة العام ١٨٢٦م بالنسبة إلى كوبري تلفورد الممتد من طريق هولي هيد عبر مضايق ميناي، ويصل إلى فتحة أنجليزي Anglesey. وواصل المهندسون البريطانيون عمليات بناء الكباري المُعلَّقة بسلاسل متعددة المسافات الفاصلة بين الدعامات (الباكيات) عبر نهر الدانوب في بودابست، وعبر نهر الدنيبر في كييف. وفي العام ١٨٥٥م استخدم المهندس الأمريكي جون رويبلنج الكابل الفولاذي المغزول بدلًا من سلاسل الحديد المطاوع المستخدمة في الكباري المُعلَّقة السابقة، ونفَّذ ذلك في بناء كوبري عبر مضيق نياجارا. وعقب ذلك أشرف هو وابنه واشنجطون على بناء كوبري بروكلين عبر إيست ريفر في نيويورك. وتميَّز هذا الكوبري بأن طول المسافة الفاصلة بين الدعامات، أو بين «الباكيات» هي ٤٧٠م (بينما هي ٢١م في كوبري كولبروك دال، و١٨٠م في كوبري ميناي)، واكتمل البناء العام ١٨٨٣م بعد عمل استمر أربعة عشر عامًا. وشاع استخدام الكابل الفولاذي في جميع الكباري المُعلَّقة الضخمة التي شُيِّدت بعد ذلك، مثل كوبري جولدن جيت في سان فرانسيسكو (طوله ١٢٨٠م واكتمل العام ١٩٣٣م)، وكوبري هامبار (طوله ١٤١٠م واكتمل العام ١٩٧٨م)، والكوبري الياباني أكاشي-كيكو (طوله ١٧٨٠م واكتمل العام ١٩٨٨م). واستُخدم أيضًا في طراز كابل التثبيت للجسر؛ حيث تُثبَّت منصة الكوبري بكابلات خارجة متشعبة من برج مركزي. وشاع هذا الطراز خلال العقود الأخيرة بالنسبة لكثير من الكباري ذات الامتدادات القصيرة بين الدعامات.

واستُخدم الحديد والفولاذ بوسائل أخرى غير هذه في تشييد الكباري؛ إذ كان الرأي السائد أن الكباري المُعلَّقة ليست قوية بما يكفي لتصلح معابر للسكك الحديدية، غير أن الحاجة المُلحَّة لإنشاء كباري أطول وأضخم صالحة لمرور قاطرات السكك الحديدية كانت حافزًا لتجربة تصميمات جديدة. وأول هذه التجارب هي التجربة المعروفة باسم كوبري العارضة الصندوقية، وهو عبارة عن نفق أسطواني من الحديد المطاوع على مدى مسافتين فاصلتين بين الدعامات. وأنشأ هذا الكوبري روبرت ستيفنسون العام ١٨٤٩م ليحمل قطاره الحديدي عبر مضايق ميناي التي تبعد ميلًا عن نقطة عبور جسر تلفورد. وأعدَّ التصميمَ وليام فيربيرن بناءً على حسابات دقيقة، وفي ضوء نماذج خضعت لاختبار جيد لعوامل التدمير. ويسير القطار، حسب هذا التصميم، عبر نفق أسطواني وليس فوقه كما أصبح شائعًا في جسور العوارض الصندوقية الحديثة. وإذا كان جسر بريتانيا هو أول جسر اعتمد بالكامل على الحديد المطاوع، فإن جسر فوث للسكك الحديدية المبني العام ١٨٩٠م كان أول جسر يستخدم الفولاذ، وكان أيضًا أول جسر نصف مُعلَّق، أو ما يسمى قنطرة كابولية؛ حيث يتألف مَعبَر العربات من ثلاثة أبراج ضخمة داعمة. والجدير ذكره أن المهندسَين المشرفَين على التصميم، وهما جون فولار وسير بنيامين بيكر ساورهما قلق شديد بسبب كارثة انهيار أول جسر أشرفا عليه، وهو جسر تاي، العام ١٨٧٩م. وكان هذا الجسر مشيدًا من سلسلة عوارض متشابكة من الحديد المطاوع، ومُركَّبة على أعمدة من الحديد الزهر. وأثبت أنه غير ملائم لتحمل ضراوة العواصف عند مصب النهر، حتى إن عاصفة دفعت بعدد من هذه العوارض مع قطار كان يعبر الجسر آنذاك. وهكذا حرص المهندسان المشرفان على جسر نورث أن يكفلا أكبر قدر ممكن من الصلابة في التصميم الجديد. وأثبت الجسر بالفعل قدرة كبيرة على التحمل.

وتأثر تصميم الكباري، شأن تصميم المباني، تأثرًا كبيرًا بتقنيات الجمع بين الفولاذ والأسمنت. وشاع التجهيز المسبق لوحدات كبيرة من الخرسانة سابقة الإجهاد لتجميعها بعد ذلك في موقع البناء. واستحدث هذه التقنيةَ المهندسُ الفرنسي أيوجين فريسينيه، التي أفادت في إبدال كثير من الجسور التي دُمِّرت في أثناء الحرب العالمية الثانية. وشاع بعد ذلك استخدام الخرسانة سابقة الإجهاد لبناء جسور لها المقاييس المعيارية ذاتها الممتدة عبر شبكة الطرق الدولية للسيارات. وعلى الرغم من أن هذه الجسور لم تحظَ باهتمام واسع للعمل ككباري، فإنها يسرت للطرق السريعة الحديثة سبل اختراق المدن دون حاجة إلى إزالة مبانٍ إلا في أدنى الحدود الممكنة، ولكن زاد نطاق إقحامها على بيئة الحضر زيادة

كبيرة، كما أن حجم حركة المرور المترتبة عليها آثار مشكلات جديدة بالنسبة لشبكات الطرق البرية التي أضحت مزدحمة بما يفيض عن طاقتها.



شكل ١٠-١: الكباري الكبرى في العالم – مقارنة من حيث اتساع الامتدادات الفاصلة بين الدعامات (الباكيات).

والمعروف أن الخبرة الطويلة في مجال استخراج المعادن والفحم خلقت أُلفة مع تقنيات إنشاء الأنفاق والحفر العمودي للآبار، وهذه الخبرة لها سوابق قديمة في حضارة ما بين النهرين، حيث حُفرت هناك أنفاق لتوصيل المياه ولأغراض الري الأخرى، ولكن إنشاء الأنفاق لم يحظَ باهتمام كبير في ارتباطه بتكنولوجيا النقل إلا في العصر الحديث؛ إذ استُخدمت الأنفاق امتدادًا للطرق البرية، ومَعبرًا للقنوات المائية، ولحركة النقل والمرور عبر الجبال وتحت سطح الماء. وكانت أول أنفاق استُخدمت كقنوات مائية هي تلك التي كانت امتدادات لمناجم الفحم، مثل القناة المُسمَّاة بريدج ووتر الممتدة عبر المصانع التابعة لمنشآت مناجم الفحم في يوورثلي شمال مانشستر. وجَرَت هنا جميع عمليات الحفر يدويًّا، ولكن بُطِّنت الأنفاق بالآجُرِّ لضمان تثبيتها واستقرارها. وجاءت أول خطوة في سبيل

الحفر الآلي للأنفاق العام ١٨٢٥م، عندما بدأ مارك أيزامبارد برونيل في أعمال حفر نَفَقه تحت نهر التايمز، والذي يصل بين وابنج وروذرهايث، وهذا هو أول نفق تحت الماء في العالم. ونظرًا لأنه يجري عبر منطقة طَفْلية في لندن، فإن جميع المهارات الخاصة بالصخور الصلبة التي يجيدها عمال المناجم التقليديون لم تفد شيئًا هنا. وعكف برونيل على دراسة هذه المشكلات ووَضْع حل لها، واستلهم خبرة أو طريقة خنفساء الخشب المعروفة باسم تيريدو نافاليس Teredo Navalis التي تُلحِق الدمار بسفن الأسطول المصنوعة من الخشب؛ إذ تأكل هذه الحشرة القدر الأعظم من ألواح الخشب الصلبة، ويلاحظ أن أفواهها تحميها دروع، ويتحول الخشب إلى ما يشبه العجينة، وتبطن النفق من خلفها بفضلاتها المتحجرة. وقياسًا على هذا النموذج وضع برونيل تصورًا لدرع من الحديد الزهر مصنوع من صناديق مسامية بحيث يتسع الصندوق لرجل يعمل في داخله، ويكون مفتوحًا من الخلف لإزالة المواد التالفة، والصندوق مجهز في الواجهة بلوح يمكن رفعه في أثناء سير العمل في أي من الصناديق الستة. وبعد أن تُحفَر جميع القطاعات يمكن دفع الدرع إلى الأمام بواسطة مرفاع لولبي يعمل في التبطين بالآجُرِّ الذي يتراكم في أثناء عمل الدرع، ولكن هذه الطريقة واجهتْها صعوباتٌ هائلة، وتُرك استخدام الدرع تحت الماء لسنوات عدة بعد أن توافرت موارد جديدة لاستكمال العمل، واكتمل المشروع العام ١٨٤٣م. وكان النفق مصمَّمًا للعمل طريقًا للسيارات، ولكن تحول ليصبح طريقًا للسكك الحديدية بعد مد نفق لندن، ولا يزال يعمل حتى الآن.

وحُفِرت أنفاق بعد ذلك في لندن، مثل أنفاق شبكة المواصلات تحت الأرضية. واستُخدمت في هذه الأنفاق قوالب من الحديد الزهر بدلًا من الآجُر كبطانة، ولكن نفق السكك الحديدية الممتد تحت سطح نهر سيفرن، وهو الأطول في بريطانيا، وبُدئ العمل فيه العام ١٨٩٣م، بُطِّن كاملًا بالآجُر. ويُستخدم الآن على نطاق واسع عند حفر الأنفاق عبر صخور أكثر لينًا؛ نظام الرءوس الدوارة القاطعة مع الاستعانة بمعدات هيدرولية لدفع الدرع، ولوضع قوالب التبطين في مكانها. وطُبق هذا الأسلوب حديثًا جدًّا لحفر نفق شانيل بين فرنسا وبريطانيا، ولكن حفر الأنفاق في الصخور الصلبة يستلزم استخدام الهواء المضغوط لدفع معدات القطع والحفر، على نحو ما حدث العام ١٨٦٠م عند حفر نفق عبر جبال الألب؛ إذ اقتضى العمل هنا استخدام ضواغط (كومبريسورات) هيدرولية لضمان استمرار عملية التزويد بالطاقة، والتي تفيد — علاوة على هذا — في استمرار حركة الهواء للتهوية داخل النفق.

وتوجد طريقة بديلة للحفر تحت سطح الماء؛ إذ تُبنى الأنفاق في شكل قطاعات لتثبيتها ولحامها مع بعضها، ثم توضع في صورة خندق عبر مجرى أو مصب النهر. وأجرى ريتشارد تريفيثيك تجارب على هذه التقنية لعمل نفق تحت نهر التايمز خلال العقد الأول من القرن التاسع عشر، ولكنه اضطُر إلى التوقف بسبب نقص الاعتمادات المالية. ونجحت هذه الطريقة بعد ذلك في عمل نفق جون كينيدي تحت مجرى نهر شيلت في أنتويرب، والذي اكتمل العام ١٩٦٩م. وأصبح أسلوبُ القيسون Caisson، وهو مقصورة مُحكَمة الغلق للعمل تحت الماء، هو الأسلوبَ الأمثل؛ إذ يستطيع الإنسان بفضله أن يحفر في مجرى النهر، أو أن يُرسِي أساس دعامات الكوبري. وهذا القيسون عبارة عن «جرس» معدني كبير الحجم بحيث يُشكِّل غرفة تتسع لعامل أو أكثر، علاوة على ما يكفيهما من هواء وضوء. ونظرًا للحاجة الماسة إلى تزويد الجرس بهواء مضغوط بنسبة معينة للحيلولة دون أن تغمره المياه من أسفل فإن هناك خطرًا حقيقيًّا للإصابة بمرض «شلل الغواص»، أو إصابة العمال بتقوسات والْتواءات، وهو خطر لم يكن هناك إدراك واضح له في الأيام الأولى لتطبيق هذه التقنية.

ولعل إمدادات المياه هي أهم الخدمات العامة التي تُمثِّل أحد المرافق اللازمة للمجتمع الحديث، وتشتمل على بعض التقنيات المميزة للغاية، من بينها السدود والخزانات والقنوات المائية. والمعروف أن الرومان استحدثوا شبكة لتزويد المدن، خاصةً روما، بحاجتها إلى المياه، ولكن تبددت هذه المهارات خلال العصور الوسطى، ثم استُعيدت تدريجيًّا مع تعاظم بناء المدن واتساع الحضر، حيث بات لازمًا العمل بجد واجتهاد لمواكبة حاجات المواطنين. وكانت الأنهار والنُّهيرات هي المورد الأكثر شيوعًا للإمداد بالمياه، بعد استغلال الينابيع والآبار المتاحة. وبدأ سكان المدن يتطلعون إلى خارج حدودهم باحثين عن موارد من الأنهار غير المُستغَلة بالكامل، ومن ثم عملوا على تجميع مياهها في صورة خزانات. وكانت أغلب السدود في هذه الفترة الباكرة من النوع المعروف باسم السد الثقالي، أي الذي يحول ثقله دون انهياره، وكانت عبارة عن سدود ترابية، أو جدران حجرية قادرة على مقاومة ضغط المياه بفضل ثقلها. وكان أول مشروع محلي واسع النطاق في بريطانيا لتوفير إمدادات المياه هو المشروع الذي أشرف على بنائه جي إن لاتروب باتمان، والذي أقامه لمصلحة منطقة مانشستر فيما بين العامين ١٨٥١م و١٨٧٧م، ويتألف من سلسلة تضم خمسة خزانات في وادي لونجدال الواقع شرق المدينة، ويعتمد على خمسة سدود ترابية كبيرة من الطراز نفسه الشائع في كل أنحاء العالم.

وظهرت أشكال أخرى من السدود الأكثر تعقيدًا، من بينها ما يُعرف باسم السد الكتفي، وهو عبارة عن جدار حجري رقيق تدعمه سلسلة من الدعامات أو الأكتاف المقامة في النواحي المواجِهة لمجرى النهر. وهناك السد المقوس والقنطرة وبه جدار مُنحنٍ رقيق من الحجر أو الأسمنت، ويستمد قوته من تأثير القوس؛ إذ يلقي بالحمل الرئيسي على الصخور الملتحمة به. وثبت نجاح — ومن ثم شيوع — هذين النوعين. ويُعتبر السد الكتفي أو السد ذو الدعامات الأكثر ملاءمة بوجه خاص للتحكم في دفق أي نهر كبير، وهو المستخدم في بناء سد أسوان على نهر النيل. أما السد المقوس أو ذو القنطرة فهو أكثر ملاءمة للأراضي الجبلية، مثل سد هوفر المقام عبر نهر كولورادو في الولايات المتحدة. ويمثل نوعًا من البنية الأخف وزنًا بالقياس إلى أنواع السدود الأخرى. وهذه السدود جميعها لا ترتبط مباشرةً بموضوع تزويد المدن بالمياه؛ إذ إن كثيرًا منها هدفه الأول تنظيم حركة تدفق المياه، التي من دونها يصبح مورد المياه غير متساوٍ على مدار السنة، ومن ثم ليس بالإمكان الاعتماد عليه كمورد دائم.

ولكن حيث تكون المياه السطحية غير متاحة بكميات كافية يمكن أحيانًا استغلال موارد تحت أرضية، أي مستودعات مائية أرضية. وإذا ما تبين أن التكوين الجيولوجي مُواتٍ يمكن استخراج المياه من هذا المستودع عن طريق آبار أرتوازية، وذلك بدفع المياه إلى فوهة البئر عن طريق الضغط، ولكن من الضروري عادةً توفير محركات ضخ قوية لاستخراج المياه من فتحات الآبار، وكانت هذه هي واحدة من بين طرق كثيرة أفاد فيها المحرك البخاري لخدمة احتياجات عامة خلال القرن التاسع عشر؛ إذ استُخدمت آنذاك وحدات كثيرة لضخ مياه الآبار وتغذية المدن بها. وكانت لدى بريطانيا كميات كبيرة من هذه الوحدات، ولا يزال بعضها يعمل حتى الآن. ويمكن إتمام عملية الضخ بطريقة أسهل، وذلك باستخدام مضخات كهربائية صغيرة، والتي لا تثير غير قليل من مشكلات الصيانة وإن ظهرت وظيفة ضخ المياه إلى المستهلكين في الحضر واحدة. وتتمثل المشكلة الآن في أنه مع الزيادة المطردة في استهلاك المياه وفاءً بما تقتضيه أساليب حياتنا الحديثة، فقد نفدت مستودعات المياه الجوفية التي اعتمدنا عليها طوال المائتي سنة الماضية. هذا علاوة على أن الكثير من أنهار الأقاليم في جنوب إنجلترا جفت الآن، وبدأ ضخ المياه من مستويات أعمق فأعمق. ويتكرر النموذج نفسه في جميع أنحاء العالم الغربي، وهو ما يجعل من موضوع توفير إمدادات المياه على المدى الطويل مسألة شديدة الإلحاح.

وبقدر ما نحن بحاجة إلى ضمان إمدادات المياه، كذلك من الضروري توفير وسائل ملائمة لخدمات معالجة وتوزيع المياه. والمعروف أن بالإمكان استخدام مرشح المياه

للتخلص من بعض الشوائب الخشنة الملوثة. وتوجد طرق موثوق بها، مثل الترشيح الرملي الذي استحدثه مهندسون بريطانيون خلال النصف الأول من القرن التاسع عشر. وتعتمد هذه الطريقة على نفاذ الماء من خلال مسامِّ طبقة الرمل في قاع الصهريج. وهكذا يحتجز الرمل الشوائب الملوثة كبيرة الحجم، ويعاد تغيير الرمل بانتظام. ولكن هناك طريقة أخرى للمعالجة الكيميائية، وهي قتل الكائنات الحية الخطرة عن طريق عملية الكَلْوَرة، أي: المعالجة بالكلور. وأصبحت هذه عملية إلزامية في أغلب خدمات إمدادات المدن بالمياه، على الرغم من أنها لم تُطبَّق عمليًّا بشكل عام في بريطانيا إلا بعد الحرب العالمية الثانية. وتضيف بعض السلطات أيضًا مادة الفلوريد لوقاية أسنان الأطفال من التسوس، ولكن يدور جدال لم ينقطع في البلدان المتقدمة بشأن معالجة إمدادات المياه بالمواد الطبية.

والملاحظ أن كميات كبيرة من المياه تتجمع الآن على بعد مسافات طويلة من موقع الاستهلاك، وأصبح ضروريًّا لهذا السبب أن نُولِي اهتمامًا كبيرًا بوسائل النقل والتوزيع؛ ولهذا أصبحت الصهاريج والقنوات المائية، المكشوفة والمغطاة، وملحقاتها من سيفونات وأنفاق ومضخات؛ جزءًا لا يتجزأ من جهاز تزويد المياه بانتظام. وكانت أنابيب توصيل المياه تُصنع تقليديًّا عن طريق عمل تجويف في سيقان خشب الدردار وربط أطراف بعضها ببعض، ولكن مع التوسع في صناعة الحديد أصبح ميسورًا توفير المواد اللازمة لصناعة أنابيب معدنية لتوصيل المياه، وتتميز هذه الأنابيب بقدرة تحمل، فضلًا عن استعمالاتها المتعددة؛ ولهذا شاع استعمالها. وصُنعت أول الأمر من حديد الزهر بحيث تتداخل الحلوق ثم تُلحم، وهيأ هذا إمكانًا لمد الخطوط الأم لتوصيل المياه تحت شوارع المدن المزدحمة. بعد ذلك أصبحت هذه الأنابيب تُصنع من الحديد المطاوع، وبرشمة ألواح منحنية مستخدمين تقنيات بناء السفن، وشاع استخدامها لعمل قنوات مائية في الهواء الطلق. ولكن في القرن العشرين استُخدمت أنابيب من الصلب ملحومة لأداء الوظيفة ذاتها. مثال ذلك أن مستوطنات مناجم الذهب في كولجاردي في صحراء أستراليا تصلها المياه عبر خط أنابيب طوله ٦٤٥كم، حيث تُضخ المياه فيه من منطقة مجاورة لمدينة برث.

وتتوافر اليوم شبكة صرف جيدة، والتي يمكن اعتبارها الوجه الآخر لعملية إمدادات المياه، خاصةً أن غالبية المدن الكبرى في العالم الحديث بدأت تعتمد على قنوات الصرف الصحي عن طريق البالوعات. وتشتمل عملية الصرف على التخلص من الزائد من مياه

النهر أو البحر لتكون الأرض صالحة للسُّكنى. وتُستخدم في سبيل ذلك تقنية السدود وفتحات التصريف والمجاري المائية الاصطناعية. وأسهمت هذه الوسائل إسهامًا كبيرًا بالنسبة لبلدان مثل هولندا والبلدان المجاورة المُطِلة على الساحل الأوروبي. والمعروف أن اليابسة في بعض الأماكن حول بحر الشمال تغوص تدريجيًّا، وترتبت على هذا مشكلة طويلة المدى تستلزم العمل دائمًا لصد غائلة الفيضان. وأكثر من هذا أن لندن نفسها معرضة للخطر في حالة ما إذا تعرضت لطقس سيئ للغاية وظروف مد بحري استثنائي؛ ولهذا السبب وُضع تصميم لبناء سد التايمز ببواباته العشر المصنوعة من الصلب والمثبتة بين دعامات مغطاة عبر اتساع طوله ٥٢٠ مترًا. والهدف من هذا السد هو حماية لندن من احتمالات هذه الأخطار، واكتمل تنفيذ السد العام ١٩٨٤م.

لم تستطع مدن أوروبا وأمريكا التخلص بطريقة ملائمة من النفايات العضوية قبل أن تتوافر لها إمدادات المياه بصورة مستمرة؛ إذ إن توافر المياه هيَّأ لها وسائل التخلص من هذه النفايات؛ ولهذا فإنه منذ منتصف القرن التاسع عشر استثمرت المدن موارد حضرية هائلة من أجل بناء شبكات الصرف التي تجري تلقائيًّا بحكم ثقلها أو قوة الجاذبية. واستُخدمت المضخات لضمان حركة المحلول بالسرعة المطلوبة. وكانت مجاري الصرف الضخمة تُشيَّد عادةً من الآجُر وتأخذ شكل قطاع مستعرض كمثري الشكل حيث القاع هو الطرف المستدق، ضمانًا لأقوى حركة دفق حين يكون المستوى منخفضًا، مما يهيئ وسيلة للتنظيف التلقائي. وكانت مجاري الصرف المغذية تُصنع عادةً من السيراميك الصقيل غير الجيد تمامًا، ولكنه قوي صلب. هذا على الرغم أيضًا من شيوع مجاري الصرف المصنوعة من الحديد الزهر. وتُستخدم الآن مواد أسمنتية بل بلاستيكية.

وكانت شبكات الصرف المنقول بالمياه تعمل على أساس صب دفقها في النهر في اتجاه مجرى المياه بعيدًا عن المدينة التي تغتذي على مياه النهر، وهذه هي الطريقة التي وضع تصميمها سير جوزيف بازالجيت، وبنى على أساس هذا التصميم شبكة البالوعات ومجاري الصرف لخدمة مدينة لندن فيما بين العامين ١٨٥٥م و١٨٧٥م، ولكنها أضحت طريقة غير مقبولة خاصة بالنسبة للمدن الداخلية التي تعتمد على النهر ذاته على طريق مجرى ماء النهر. وهكذا كان لا بد على الهيئات المسئولة عن التخلص من نفايات الصرف أن تفكر في وسائل أخرى تجعل الوضع أقل ضررًا وأقل إثارة، بل العمل إذا أمكن لاستعادة المعادن الصالحة للاستعمال التي تحتويها مياه الصرف. وبناء على هذا استُعملت تقنيات جديدة لمعالجة مياه الصرف تشتمل على طريقة الترسيب مع إضافة كيماويات تؤدي

إلى سرعة تحلل البكتريا، وهذه مهمة ضرورية، وإن بدت بغيضة، يتعين أداؤها بالنسبة لمرافق المدن الحديثة؛ إذ نظرًا لأنها بعيدة عن الأنظار فكثيرًا ما نغفل عن أهميتها الحيوية.

وهناك خدمات عامة أخرى كثيرة تشتمل على مهارات تكنولوجية مهمة، وسوف نعرض لها بإيجاز شديد، نظرًا لأننا تناولنا أهمها في مواضع مختلفة ضمن دراستنا الاستعراضية هنا. نذكر على سبيل المثال إمدادات الغاز الذي يُعتبر من أبرز الابتكارات التكنولوجية في القرن التاسع عشر، والذي أسهم موضوعيًّا في تغيير نوعية حياة الحضر. والمعروف أن وليام موردوخ هو مبتكر هذا الغاز في العام ١٧٩٢م. وأقيم أول جهاز لصناعة غاز الاستصباح بعد هذا التاريخ بعشر سنوات، وذلك في المصنع الذي كان يعمل فيه ويملكه بولتون ووات في برمنجهام. وبعد عشر سنوات أخرى أُسست أول شركة لتوريد الغاز في لندن، ولكن العملية انتشرت بعد ذلك في كل أنحاء مدن وعواصم بريطانيا علاوة على التصدير إلى أوروبا وأمريكا، وتشتمل هذه العملية على مصانع إنتاج الغاز حيث يجري تقطير الغاز من الفحم عن طريق تسخينه في معوجات مغلقة، ويحتاج بعد هذا إلى معالجات إضافية ليصبح صالحًا للاستعمال للإضاءة العامة، وتتضمن العملية أيضًا أسطوانة لتخزين الغاز، وأنابيب من الحديد والزهر والرصاص تمتد أميالًا لتوصيل الغاز إلى مواقع الاستهلاك. ومع شيوع استخدام الغاز تزايدت مصانع الإنتاج، وتعاظمت المعدات التكميلية المصاحبة للإنتاج، وأصبحت من القَسَمات المميزة لمشهد حياة الحضر. وبدأ التخلي عن المعوجات الأفقية التي كانت تُعتبر في البداية معدات معيارية، وحلت محلها معوجات رأسية. وحيث إن هذا النوع الجديد أطول قامة فقد أصبح له تأثير بصري كبير، ولكنه يسمح بالعمل المستمر بدلًا من العمل على دفعات كما هي الحال بالنسبة للمعوجات الأفقية. هذا علاوة على سهولة التخلص من الكوك المنتج كأحد المشتقات، وإخراجه من قاع المعوجة دون توقف عملية الإنتاج. وهناك مشتقات أخرى مثل قار الفحم وغاز النشادر؛ إذ أصبحت متوافرة بكميات كبيرة للصناعات الكيماوية ذات الصلة.

وإذا كان «غاز المدن» الذي أنتجته هذه المصانع حظي باحتكار إضاءة مناطق الحضر، فإنه مع نهاية القرن التاسع عشر واجه تحدي الكهرباء له فور أن بدأ إديسون، ومن حذا حذوه، في توفير شبكات كاملة لتوليد القوى وشبكات للتوزيع ومعدات لاستخدام مصابيح الكهرباء ذات الفتيل الوهاج. وتجلى الأثر المباشر بالنسبة لصناعة الغاز في تشجيعها من أجل تنويع الإنتاج. وشرعت في إنتاج غاز للتسخين وللطهي، وكذلك للإضاءة. وتحسنت نوعية غاز الإضاءة كثيرًا بفضل ابتكار الرتينة الوهاجة التي

حصل على براءة اختراعها النمساوي كارل فون ويلشباخ العام ١٨٨٥م، غير أن الإضاءة الكهربائية تتميز بالنظافة فضلًا عما توفره من أسباب الراحة؛ ولهذا تمكنت من التفوق على الغاز، وإن ظل هذا الأخير موجودًا ويستعمله كثير من سكان الأقاليم لفترة طويلة خلال القرن العشرين. ورُسِّخت صناعة الكهرباء في هذه الأثناء في كل أنحاء البلدان الصناعية، وأُنشئت محطات لتوليد الكهرباء تدار بتوربينات بخارية مع غلايات تعمل بوقود الفحم، وشبكة واسعة من الأبراج تنقل عبر المدن والأقاليم تيارًا عالي الجهد. وهكذا أمكن توصيل تيار الكهرباء إلى مناطق نائية معزولة لم تكن تصلها إمدادات الغاز التي تصل إلى المدن. وعقب الحرب العالمية الثانية اتجهت بلدان كثيرة إلى الاستثمار في مجال توليد الطاقة النووية، وأمكن إنجاز الكثير بفضل ذلك على الرغم من التكاليف العالية والأخطار بعيدة المدى المحتملة، والتي توجب التفكير مرتين؛ نظرًا لعدم التوصل إلى حلول شافية لها. ولا يزال القسط الأكبر من الطاقة الكهربائية يتولد عن توربينات بخارية على الرغم من أن أكثرها يستمد بخاره من غلايات تعمل بوقود زيتي، وتستطيع نسبة كبيرة منها أن تستخدم القدرة المائية لتحريك توربينات مائية. ويجري توزيع الطاقة المستمدة من هذه المحطات في صورة تيار متغير عالي الفولتية بدلًا من التيار المستمر الذي كان يفضله توماس إديسون. والمعروف أن الفولتية العالية تيسِّر تغذية التيار في شبكات التوزيع الضخمة، والتي تخفضه إلى فولتات أدنى بواسطة محولات محلية للاستخدام في المنازل والمصانع والطرقات. وأصبحت الحياة الحديثة والحياة المنزلية تعتمد على توافر الطاقة الكهربائية في الآن واللحظة، وأصبح شيوعها عالميًّا عاملًا مهمًّا في زيادة حراك الصناعة السكان.

وسوف نعالج بعض الخدمات العامة الأخرى خلال مناقشتنا لعملية التحضر. ويكفينا الآن أن نختتم هذا العرض للبنية الأساسية التكنولوجية بأن نلفت الأنظار إلى ما تولَّد عنها من تجهيزات تكنولوجية متخصصة، مثال ذلك معدات نقل التربة، مثل الحفارات والبولدوزرات، ومعدات البناء، مثل المرفاع الهيدروليكي التلسكوبي، والمرفاع البرجي، ومعدات حفر الأنفاق، مثل القطاعات الدوارة والسيور الناقلة، علاوة على ثروة من أدوات ومركبات دون ذلك. وأدى هذا كله إلى الاستغناء عن العمل اليدوي الشاق الذي يمثل ضرورة لصيانة البنية الأساسية للحياة الحديثة. ويمثل تجديد وتطوير هذه المعدات إسهامًا مهمًّا للغاية في عملية الثورة التكنولوجية.

الجزء الرابع

السياق الاجتماعي

الفصل الحادي عشر

التكنولوجيا والناس

التكنولوجيا حديث عن الماكينات والعمليات مثلما هي حديث عن الناس. وهي معنيَّة بوجه خاص بالنتائج المباشرة وطويلة المدى المترتبة على العلاقات بين الماكينات والعمليات من ناحية، والناس في المجتمع من ناحية أخرى. وسوف نستكشف في هذا الفصل هذه العلاقات، سواء على مستوى المشاركة الفردية في الابتكار التكنولوجي، أو على مستوى المشاركة الجمعية للناس في الاتجاهات الديموجرافية المهيمنة في مجتمعنا. وسوف نُولِي عناية خاصة لدور الفرد في التغير التكنولوجي وللاستجابة التكنولوجية إزاء النمو السكاني السريع، وللأسلوب التكنولوجي للحياة في المدن والمنازل الحديثة، وللنتائج العامة المترتبة على الحرية الفردية المستمدة من الثورة التكنولوجية. وسوف نعمد دائمًا إلى التأكيد على التفاعل بين الأفراد والتحديات والفرص التي تهيئها التكنولوجيا الحديثة.

والنقطة الأولى في التفاعل بين الأفراد وتطور التكنولوجيا تتمثل في العلاقة بالابتكار. وقد لا نجد من يشك كثيرًا في أن الابتكار مهم في تاريخ التكنولوجيا؛ لأنه يمثل البداية لكل ابتكار آلي جديد أو إدراك لعملية جديدة؛ فالملاحظ أن السلسلة كلها ابتداءً من أهم الإنجازات وأكثرها إثارة إلى أشد مظاهر الفشل ابتذالًا إنما تولدت جميعها بالطريقة ذاتها، أي الابتكار. وأيًّا كان ما يقال عن هذه العملية العميقة والمهمة، وإن بدت مراوغة، فإنها يقينًا عملية إنسانية؛ فالابتكار وليد العقول الإبداعية لأفراد البشر. إن الغالبية من الناس يقدمون ابتكارات غير ذات أهمية، ولكن القليلين يبتكرون الكثير وإن لم تكن لهم سيطرة كبيرة على تصور أفكارهم الجديدة؛ نظرًا لأنها في جوهرها أفكار عفوية واستلهامية؛ فها هو توماس إديسون من أعظم المخترعين في العصر الحديث يعترف بأن النهوض بعملية الابتكار، حتى بالنسبة للعقل المهيأ لها بخياله الواسع، يعني عملًا دَءوبًا وشاقًّا للغاية دون ضمان للنجاح في النهاية. وثمة دراسة حديثة عن الابتكار انتهت إلى أن

نسبة عالية جدًّا من الابتكارات لا تزال تظهر لأفراد يحوطهم الصمت أكثر مما نجد عند فِرق بحث تعمل خصوصًا لاكتشاف سبل متباينة وواعدة. وطَبَعي أن فِرق البحث هذه يكون لها دور جوهري في الحفاظ على الإنتاجية الدينامية لمشروعات صناعية كبرى، ولكن مهما كان نصيب هذه الفِرق من النجاح — وقد حالف بعضَهم النجاحُ، مثل معامل شركة بيل التي ابتكرت الترانزستور — فإن القدر الأعظم من عملهم الروتيني إنما ينصبُّ على التجديد والتطوير وليس الابتكار. والمعروف أن إنتاج اكتشاف نافع رهن بالعقل البشري الذي لا يمكن التنبؤ به.

ومع هذا، وشأن أي مظهر من مظاهر الإبداع البشري، ثمة قواعد يمكن استخلاصها بشأن عملية الابتكار؛ أولًا: إن أي ابتكار إنما يجري تصوره داخل منبت اجتماعي قائم، والذي من شأنه — إلى حد ما — أن يحدد خصوصياته. ونحن هنا نقرر ما هو واضح لأن الإبداع البشري محدد اجتماعيًّا بالضرورة حيث الأفراد موجودون بداهةً داخل مجتمع، ومن ثم فإن ابتكاراتهم تغدو غير ذات قيمة إذا لم تكن مقبولة من المجتمع، وهذا ما يتعين إيضاحه حتى لا نقع في شَرَك اعتبار المخترعين وإبداعاتهم عملًا خارج الوسط الاجتماعي، ومن ثم نفسر تاريخ التكنولوجيا كخيط من الاختراعات مقطوعة الصلة بالبيئة. ونجد من الناحية التاريخية أن بعض البيئات كانت أكثر ملاءمة من غيرها للابتكار. ولاحظنا على سبيل المثال أن الحضارة الصينية في ظل سيطرة كبار موظفي الدولة البيروقراطيين كانت أقل قبولًا للابتكارات مما كانت عليه في عصور أسبق، أو أقل مما كانت عليه الحضارة الغربية بعد العصور الوسطى فصاعدًا. ولاحظنا في الغرب أن بريطانيا كانت أكثر تعاطفًا مع الابتكار من فرنسا أو أي بلد آخر في القرن الثامن عشر؛ ولهذا كانت هي المهد الذي عايش تسارع عمليات التصنيع التي بدأت آنذاك. وهكذا نجد مدًى واسعًا من الدرجات التي تكشف عن القابلية الاجتماعية للابتكار، ولكن توافر قدر من الاستعداد لإجراء التجربة يمثل شرطًا جوهريًّا مسبقًا للتطور التكنولوجي.

وتحدثنا فيما سلف عن هذه الشروط الاجتماعية للتطور التكنولوجي، ولكنها تستحق الإشارة إليها من جديد نظرًا لأهميتها القصوى كمنبت بيئي يتم في إطاره الابتكار والتجديد، وتشتمل على عوامل الإنتاج الاقتصادية؛ رأس المال الملائم، والموارد الكافية من المواد الخام، والحد الأدنى الضروري من مهارات القوى العاملة، ولكنها تشتمل كذلك على عنصر الإبداع البشري المنتج للأفكار، علاوة على — وهو الأهم قاطبة — الاستعداد الجمعي لقبول وتجربة أفكار جديدة إذا ما أتيح لها أن تظهر. وتتألف هذه الحساسية تجاه الابتكار من عوامل كثيرة اجتماعية وسياسية وثقافية، تدعمها تقاليد، ويُغذِّيها ويرعاها

التعليم والتدريب. صفوة القول أن أي تطور تكنولوجي هو جزء من تلك التوليفة أو الحزمة الاجتماعية المتميزة، وأن عملية الثورة التكنولوجية ضاربة بجذورها في استعداد راسخ عريق لقبول الحزمة برمتها لدى المجتمعات الغربية.[1] ولقد تراوح وتذبذب هذا الاستعداد عبر الزمان، وكان أقوى في مناطق بذاتها من أوروبا وشمال أمريكا عنه في مناطق أخرى، وهو الذي هيَّأ البيئة الاجتماعية الضرورية للتحولات التكنولوجية المذهلة على مدى القرون الأخيرة.

وإذا ما أردنا أن نضع تصورًا عامًّا لحزمة العناصر الاجتماعية الداعمة للتطور التكنولوجي؛ فإن من المفيد أولًا أن نلحظ أن الابتكارات يجري تصورها في إطار منبتٍ قائم من الأفكار والتجارب؛ ولهذا فإن بيئتها أو منبتها يضفي عليها غالبًا طابعًا تقليديًّا خادعًا، خاصةً في أول العهد بها. مثال ذلك السيارات في أول نشأتها تصوَّرها الناس في صورة «عربات بغير حصان»، وتحمل جميع القَسَمات الاصطلاحية لعربات البر والموجودة فيما عدا قوتها المحركة. وكذلك الحال بالنسبة للبواخر في أول عهدها؛ اتخذت نظام الدولاب ذي الأرياش (الرفَّاص) ليكون شكل قوة الدفع أسوة بخبرة اجتماعية عن السواقي، وإن ثبت فيما بعد أن اللولب أو القلاووظ هو أسلوب العمل الأكثر كفاءة، ولكن ثمة اختراعات أخرى، مثل الآلة الكاتبة، جديدة تمامًا بحيث إنها لم تكن بحاجة إلى الكد من أجل إثبات نسبها إلى شكل اجتماعي مألوف، على الرغم من أنه بعد استقرارها، وألفة العمل بها أصبحت لوحة مفاتيح الآلة الكاتبة قَسَمة مميزة لاختراعات كثيرة تالية.

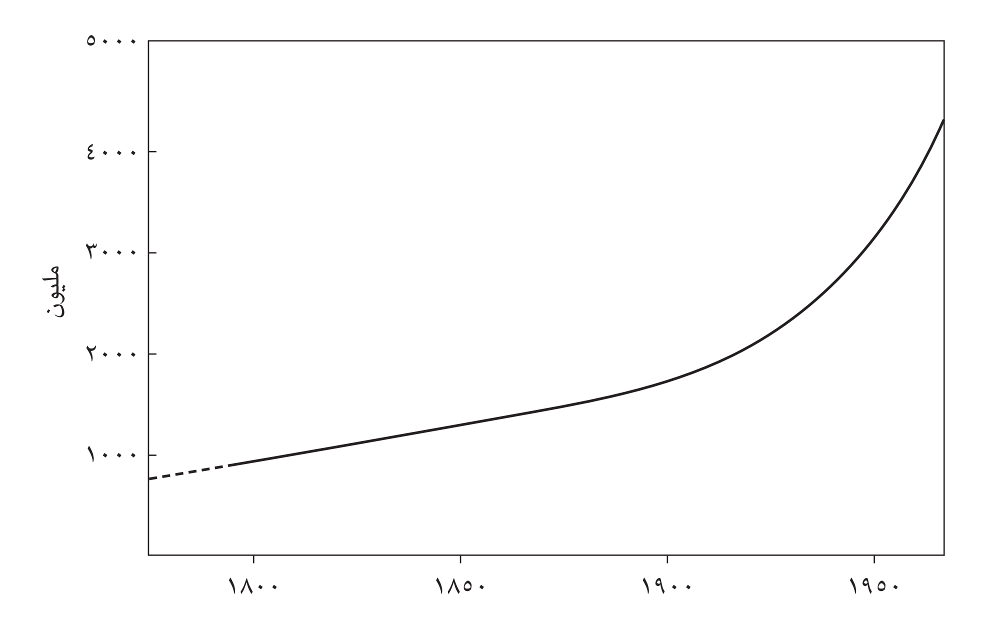
وثمة جانب آخر مهم يميز المنبت الاجتماعي للتكنولوجيا، ونعني به درجة الحرية المتاحة للمبتكر لكي يعبر عن أفكار غير مألوفة أو غير رائجة؛ فالمعروف أن المجتمعات

[1] هنا يكشف المؤلف عن انحياز غربي لا تدعمه نظريات الثقافة، وليس الأمر قدَرًا محتومًا على ثقافة دون أخرى، وإنما يمكن القول إن الثقافة الاجتماعية في ظروف تاريخية تطورية بذاتها، ولعوامل سياسية واقتصادية واجتماعية ومؤسسية؛ تعزز استعداد المجتمع للخروج على التقليد وطرح فكر جديد، وابتكار ثوري، وفي ظروف أخرى تمثل بيئة محبطة لكل عوامل الابتكار والتجديد. فهكذا كانت أوروبا في العصور الوسطى، بل قبل الوسطى أيضًا، ثم تغيرت مع ميلاد العصر الحديث عبر معاناة وصراعات مُرة، بل دموية. إذن ليست خاصية الإبداع في الحضارة الغربية ضاربة بجذورها في التاريخ كما يقول، وإنما تحولات اجتماعية تاريخية تخلق بيئة جديدة وإنسانًا جديدًا وعقلًا جديدًا وثقافةً جديدة، ومن ثم الإنسان/المجتمع الباحث المبتكر في تفاعل حي وقبول لتحديات الحياة. والغريب أن المؤلف نفسه ألمَح إلى ذلك في حديثه عن الصين في ظل سلطة كبار موظفي الدولة ومؤسساتها وعلاقاتها، وهو ما يصدق على كل المجتمعات. (المترجم)

التقليدية حالت دائمًا دون الأفراد وتقديم أفكار أو أجهزة تهدد استقرار المجتمع أو تفسد نظامه القائم في العمل. ورأينا خلال فترات حديثة جدًّا كيف أن مخترعين اضطُروا إلى إجراء تجاربهم سرًّا تجنبًا لسخرية المجتمع. مثال ذلك أن سير جورج كايلي واجه ضغوطًا اجتماعية، حظرت عليه بعض نشاطه الرائد الخاص بالطائرة، كذلك واجه جون لوجي بيرد اعتراضات مماثلة بشأن عمله في مجال التليفزيون. وليس عسيرًا علينا أن نتخيل كيف أن المخترع — مهما كان ملهَمًا — إنما يعيش قدرًا لا يُحسد عليه في مجتمع تقليدي يسوده عداء تقليدي إزاء كل جديد أو تجديد؛ إذ تحبطه القيود البيروقراطية؛ ذلك لأن مثل هذه البيئة الاجتماعية تتحاشى تحمل مسئولية اتخاذ القرار، وتعمد إلى ترك هذه المسئولية للمستويات الأعلى فما فوقها في ظل الهرم الاجتماعي. ونجد عكس ذلك الآن في البلدان الغربية؛ إذ ذاعت قوانين براءات الاختراع، والتي تضفي اعترافًا شرعيًّا وحمايةً على أفكار المخترعين مهما كانت غريبة أو شاذة. ويُعتبر هذا الوضع مؤشرًا جليًّا على إرادة ورغبة هذه المجتمعات في أن تكفل للمخترعين الجزاء الأوفى لإنجازاتهم الإبداعية.

وهكذا تمثل حرية التعبير عن الأفكار الجديدة وإجراء التجارب بشأنها عاملًا حيويًّا في البيئة الاجتماعية الداعمة للابتكار. إن بعض التدابير التي تكفل الحرية السياسية، ودرجة التحرر من قيود الطبقة وشرط التماثل الاجتماعي، وكذا التسامح إزاء وجهات النظر غير المألوفة، بل التي تبدو غريبة إنما هي جميعها عناصر ضمن «الحزمة الاجتماعية» للعوامل التي نناقشها. وهذا لا يعني أن المجتمع المناصر للابتكار هو بالضرورة مجتمع ديمقراطي ليبرالي بالمعنى الحديث لهذا المصطلح، ولا يعني كذلك أن المجتمعات البيروقراطية والتسلطية عاجزة عن تبنِّي التكنولوجيا الحديثة؛ فخبرة التاريخ الحديث مؤشر قوي على عكس ذلك، ولكن المقصود أن المجتمع الذي يشجع أو راغب في أن يشجع الابتكار — في تمييز له عن مجتمع قانع بمجرد تبنِّي تكنولوجيا موجودة وجاهزة — لا بد أن يكون مجتمعًا منفتحًا نسبيًّا ومتحررًا من القيود البيروقراطية، ونزَّاعًا تجاه النمط الليبرالي الديمقراطي للتنظيم السياسي؛ إذ على الرغم من أن الأشكال الأخرى من المجتمعات قد تكون راغبة في استخدام ثمار التكنولوجيا الحديثة، خاصةً تلك المجتمعات التي تعتزم الدخول في حرب، فإنها لا تنظر نظرة التقدير هذه إلى الإبداع الفردي، والتي تُعتبر ضرورة لتمكين المبتكر من العمل ولتشجيع أفكاره.

وكان حتمًا علينا عند التفكير في دور الفرد في الابتكار التكنولوجي أن نستعرض الأفراد في المجتمع، وواقع أن التكنولوجيا تتفاعل مع الناس على نحو جمعي، وهذا ما يمكن



شكل ١١-١: السكان في العالم (المصدر: Cambridge Economic History of Europe and Encyc. Britannica).

البرهنة عليه بوسائل عدة. ولعل الشيء الأكثر أهمية بيان الترابط الوثيق بين التكنولوجيا والاتجاهات السكانية «الديموجرافية»، ويتجلى هذا في أسلوب التزايد السكاني، والطريقة التي يتم بها التحكم أو ضبط هذه الزيادة. هاتان الطريقتان مهمتان في العالم الحديث، ولكن دور التكنولوجيا من حيث هي عامل من عوامل النمو السكاني يبدو أكثر وضوحًا وأهميةً؛ نظرًا لأن الانفجار السكاني العالمي أصبح في نظر العالم من أخطر المشكلات على وجه الأرض.

وواقع النمو السكاني واضح تمامًا دون حاجة إلى بيان، ولكن آليات الزيادة هي التي يدور حولها نزاع طويل؛ إذ يقال إن الابتكارات التكنولوجية عامل أثار قلقًا وفوضى على مدى التاريخ البشري؛ ذلك لأنها تعمل على تشجيع الزيادة السكانية؛ الأمر الذي أفسد التوازن المستقر بين المجتمعات البدائية وبيئاتها؛ فالمجتمعات حسب هذا الرأي، مثل مجتمعات السكان الأصليين في أستراليا، خلقت نوعًا من الوسط الإيكولوجي الملائم لها وسط بيئة معادية، واستطاعوا بذلك أن يبقوا على قيد الحياة آلاف السنين دون ابتكار

جديد ولا زيادة سكانية. وعلى نقيض ذلك مجتمعات الشرق الأوسط التي عاشت خبرة ثورة العصر الحجري الحديث، فإنها قبلت الابتكارات في مجالَي الزراعة والرعي، والتي ضاعفت الطاقة الإنتاجية للجماعات المعنية، وشجعتها على الزيادة السكانية. وتستطرد هذه الحجة زاعمة أنه بمجرد بدء هذه العملية حتى تزايد الضغط من أجل إطعام أفواه جديدة كثيرة، وأدى هذا إلى خلق طلب لا سبيل إلى وقفه من أجل مزيد من الإنتاجية، ومن ثم من أجل مزيد من الابتكار التكنولوجي. وبمرور الزمن أدى هذا الوضع إلى تلاحم العلاقات المفكَّكة بين أبناء المجتمعات الأبسط تكوينًا، وتحولت إلى نُظم طبقية ضمانًا لاستمرار الحوافز التي تحثُّ الناس على العمل الشاق. وهكذا كان للثورة التكنولوجية دور كبير في ضمان استقرار وبقاء مجتمع فقدَ توازنه الطبيعي.

الفحوى الأساسية لهذه الحجة مقبولة، حتى مع ملاحظة أن عملية التجديد التكنولوجي كانت بطيئة في بعض المجتمعات القديمة بحيث لا يمكن استبيانها بالمقارنة بمعدل التغير الذي بدأنا نُسلِّم به في العالم الحديث. كذلك فإن هذه الحجة أغفلت جوانب كثيرة دون تفسير، وهي الجوانب المتعلقة بالآليات الفعلية للتغير السكاني بفعل المؤثرات التكنولوجية؛ إذ بقدر ما دأبت المجتمعات البدائية على ضبط الزيادة في سكانها عن طريق التخلي عن إنجاب أطفال غير مرغوب فيهم، وعن العَجَزة من كبار السن، فإن المجتمعات المتطورة بعد ذلك نبذت هذه الوسائل في ضبط الزيادة السكانية ورأتها وسائل غير مقبولة. وهنا نجد أن الأعراف الاجتماعية هي التي غيرت وليس التكنولوجيا. ومع هذا نستطيع أن نميز وسائل عدة استطاعت بها التكنولوجيا أن تسهم في إطالة الأعمار، ومن ثم أسهمت بذلك في الزيادة السكانية. وإذا ما ألقينا نظرة إلى المجتمع الغربي بخاصة يمكن أن نقول بثقة إنه على الرغم من كل المناقشات الطويلة بين مؤرخي التغيرات السكانية فإن الأهمية النسبية لارتفاع نسبة المواليد وانخفاض نسبة الوفيات كسببين في الزيادة السكانية يرجعان إلى التكنولوجيا التي لها أثر حاسم هنا. وتحقق هذا من خلال إغناء الطعام بالقيمة الغذائية وإدخال تحسينات على ظروف المعيشة فضلًا عن مظاهر التقدم في الطب.

لقد كان للتجديدات في مجال النظام الغذائي دور لم ينل حظه من التقدير الصحيح في تاريخ التكنولوجيا ورفاهة المجتمعات البشرية. ويكفي أن نشير إلى أن لين هوايت لاحظ منذ بضع سنوات أن العصور الوسطى كانت «أحسن حالًا في طعامها»، بمعنى أن زيادة استهلاك الخضروات البقلية ضاعفت من القيمة الغذائية في طعام العصور الوسطى،

وحفزت إلى تحقيق ثروة في النشاط السياسي والفكري والمعماري، وهو ما تميز به القرنان الثاني عشر والثالث عشر. وارتبط هذا الطعام الغني بقيمته الغذائية ارتباطًا مباشرًا، حسب رأي هوايت، بالتكنولوجيات الزراعية الجديدة المتعلقة بقوة الحصان كقوة حركة (وساعد على ذلك صناعة الحدوة والطوق للحصان)، وأيضًا نظام الدورة المحصولية الثلاثية التي أضافت موضوعيًّا إضافة كبيرة إلى إجمال المنتج من الغذاء كمًّا ونوعًا، ومنها البقليات، ولكن هذه الحجة، على الرغم من صورتها التعبيرية الواضحة، ليست خيالًا تمامًا؛ إذ لا شك في أن معايير الغذاء، على مدى فترة زمنية طويلة وما تخللها من نكسات، حققت بالفعل تحسنًا أكيدًا في الحضارة الغربية، مما كان له آثاره النافعة على حيوية الإنسان، ومن ثم على زيادة السكان.

توقف النمو السكاني في أوروبا خلال القرن الرابع عشر بسبب وباء الطاعون المعروف باسم «الموت الأسود» ومضاعفاته، علاوة على ظروف مَرَضية أخرى متوطنة، مثل الإسقربوط، وأمراض مثل الجدري. وشكَّلت هذه جميعها قيدًا على الزيادة السكانية استمر حتى القرنين السابع عشر والثامن عشر، وهذا هو تاريخ بداية الموجة الحديثة للنمو السكاني. وعاودت العوامل الغذائية دورها المهم من جديد في تحقيق الزيادة السكانية. والملاحظ أن النظام الحقلي الثلاثي الذي رآه الناس آنذاك ابتكارًا مذهلًا أصبحوا ينظرون إليه الآن باعتباره نظامًا عتيقًا غير ملائم للمزارعين وملَّاك الأراضي في وضعهم الجديد المتقدم؛ ذلك لأنه يترك ثلث الأرض المنتجة مراحًا، ومن ثم غير مستغلة جميعها في وقت واحد. ولكن على النقيض فإن الأشكال الجديدة للزراعة الكثيفة، والذي كانت هولندا رائدة فيه، ضمن توافر دورة زراعية أطول، وغلة محصولية أوسع نطاقًا. ووفرت هذه الطريقة الوسائل اللازمة للتربية القائمة على الانتخاب بين الحيوانات مما ضمن تحسين الثروة الحيوانية، وأفضى هذا إلى اطراد زيادة الإنتاجية الزراعية، واطراد تدفق الأطعمة ذات القيمة الغذائية على الأسواق في المدن. حقًّا لم تكن حصص الأفراد متعادلة في هذه التحسينات، ولكن مع مرور الزمن أصبح الغذاء الأفضل هو الأكثر شيوعًا، كما تحسنت المعايير الصحية. وهكذا نجد المجاعة التي لم تكن لتفارق خيال المجتمعات الريفية في الماضي أضحت ذكرى بعيدة، ثم اختفت تمامًا في أوروبا بحلول القرن التاسع عشر فيما عدا الكارثة التي أحاقت بأيرلندا العام ١٨٤٦م. وطَبَعي أن ارتفاع القيمة الغذائية في الطعام كان يعني اختفاء مرض الإسقربوط، وزيادة القدرة على مقاومة الأمراض. وكان هذا أمرًا مهمًّا فيما بين الأطفال؛ إذ أدى إلى انخفاض نسبة الوفيات بينهم، أي زاد عدد من يبقون منهم على قيد الحياة، وأصبح هذا تعزيزًا إضافيًّا للأجيال التالية من السكان.

واقترن ارتفاع القيمة الغذائية للطعام بتحسن الظروف المعيشية. ومرة أخرى لم يكن الوضع سواء بين جميع الأفراد في هذا الشأن؛ إذ كان هذا رهن الموارد المتاحة للمستويات المختلفة من السكان، ولكن المتوسط العام للظروف المعيشية شهد تحسنًا واضحًا بالنسبة للأوروبيين والأمريكيين الشماليين خلال القرن التاسع عشر، وتحسنت عمليات بناء البيوت مع توافر مواد بناء جيدة مثل الطوب والآجُر، وكذا ألواح التسقيف، وأيضًا الزجاج، مما جعل البيوت أكثر اتساعًا وراحةً وإنارةً وأفضل صحيًّا. وشهدت الملابس تحسنًا واضحًا ومهمًّا خلال القرن التاسع عشر من حيث كميتها ونظافتها، وشاع استخدام الملابس الداخلية القطنية جيدة الصنع، وذلك بفضل ازدهار الصناعة القطنية، وساعدت صناعة النسيج الصوفي على وفرة الملابس الخارجية الصوفية. والجدير ذكره أن التقدم المذهل في تكنولوجيا صناعة النسيج أدى إلى خفض كلفة الأقمشة والملابس على اختلاف أنواعها، وشجع هذا الناس على تغييرها والحرص على ارتدائها نظيفة تمامًا. وشهدت المدن في هذه الأثناء تحسنًا في عمليات إمدادات المياه، وتوافر الصابون الجيد. وهكذا تهيأت للناس بانتظام أسباب تنظيف أنفسهم وملابسهم، مما عاد بالفائدة على الصحة العامة مع اتجاه السكان إلى الزيادة. وإن مظاهر التحسن في ظروف المعيشة قابلتها إلى حد ما ظروف قذرة عمت الكثير من المدن الغربية التي كانت بيئة خصبة لأمراض مثل الكوليرا وغيرها، وأحدثت هذه الأمراض دمارًا واسعًا في منتصف القرن التاسع عشر. وأكدت هذه الأحداث درسًا مهمًّا، ألا وهو الاقتناع بضرورة اتخاذ إجراءات وتدابير للصحة العامة، وهذا هو ما أُنجز في غالبية مدن وعواصم أوروبا وشمال أمريكا خلال النصف الثاني من القرن. وكشفت الأوبئة التي عمت البلاد عن أنها لا تعبأ بالفوارق بين الطبقات الاجتماعية؛ ولهذا حرصت جميع قطاعات المجتمع على الاستفادة بالمياه العذبة النقية، وبوسائل الصرف الصحي بعد أن توافرت الوسائل التكنولوجية اللازمة لذلك.

وعلاوة على العوامل الغذائية وتحسن الظروف المعيشية أثرت التكنولوجيا في النمو السكاني عن طريق التدابير الطبية. وتحقق هذا بوسائل عدة.

فالمعروف أن الخبرة الطبية، والعقاقير الطبيعية عرفتها أقدم المجتمعات البشرية. وازدادت هذه الخبرات العملية وضوحًا في أوروبا خلال القرن الثامن عشر. وكانت هناك تجارب مبكرة بشأن التطعيم ضد مرض الجدري الذي كان يمثل أشد أنواع البلاء التي تحيق بالمجتمعات، ولكن مع نهاية القرن الثامن عشر اكتشف إدوارد جينز تقنية خاصة

تعطي وقاية حقيقية. وهذه التقنية هي التحصين عن طريق إعطاء المريض شكلًا من أشكال جدري البقر فيُكسِبه مناعة ضد أشد أنواع الجدري العادي، وأدى الالتزام بدأب على تطبيق هذه التقنية إلى استئصال الجدري تمامًا خلال النصف الثاني من القرن العشرين. ويُعتبر هذا إنجازًا كبيرًا لمنظمة الصحة العالمية، وإن لم يكن بالإمكان الجزم بأنه لن يعاود الظهور ثانيةً.

وشهدت التقنيات الطبية تحسنًا مذهلًا على مدى العقود التالية لهذا الإنجاز، فقد زادت معارفنا عن الجراثيم في منتصف القرن التاسع عشر. وأدى هذا بنجاح إلى التحصين ضد عدد من أخطر الأمراض، مثل الحُمى القرمزية والدفتريا. كذلك فإن ابتكار وسائل تخدير فعالة هيَّأ للجراحين فرصة إجراء عمليات جراحية في أعضاء لم يكن بالإمكان الوصول إليها. هذا على الرغم من أن النتائج الأولى المباشرة لم تكن مشجعة؛ نظرًا لأن من طبيعة الجرح أن يتعفن إثر تلوثه بالبكتريا. ولم تكن هذه الظاهرة مفهومة أول الأمر مما تسبب في وفيات كثيرة عقب العمليات الجراحية. واستطاع «ليستر» حل هذه المشكلة في ستينيات القرن التاسع عشر؛ إذ أجرى أبحاثه تأسيسًا على إنجازات باستور، وابتكر ليستر مادة مطهرة، وأخرى مانعة لعفونة الدم لتعقيم جميع الأدوات والمواد المستخدمة في غرفة العمليات تعقيمًا تامًّا. واطرد تقدم تقنيات الجراحة، بأن أصبح نقل الدم عملًا عاديًّا، وكذلك زراعة الأعضاء كجراحة موثوق بها. وأُضيفت إلى هذه التطورات تطورات أخرى مساعدة تمثلت في ابتكار أدوات جديدة لها مهارات خاصة، من بينها استخدام الكهرباء وما أدته من دور مهم للغاية؛ فقد برهن فينسن العام ١٨٩٣م على الآثار العلاجية للأشعة فوق البنفسجية. واكتشف رونتجن العام ١٨٩٥م الأشعة السينية (أشعة إكس) وقدرتها الفريدة على توفير معلومات عن حالة العظام والأعضاء الباطنية للمريض. وسارت عائلة كوري في الخط نفسه للأبحاث العلمية، والذي قادها إلى اكتشاف الراديوم العام ١٨٩٩م، وما له من نتائج في مجال الطب وفي علوم أخرى. ويمكن القول إن المهارات الجراحية أسهمت إسهامًا باهرًا في سبيل سعادة الإنسان وإطالة متوسط العمر المتوقع، وإطالة أمد الحياة المنتجة، وكان لهذا كله أثره في حجم السكان.

وتضاعفت كثيرًا في هذه الأثناء كفاءة المهارات الطبية بفضل التقدم في فهم طبيعة العقاقير. والمعروف أنه كانت هناك وسائل علاجية قديمة وعريقة تستخدم عقاقير من نباتات، وتبيَّن أن لبعضها أساسًا كيميائيًّا صحيحًا وإن أحاطت بطريقة الاستعمال تقاليدُ وطقوس غريبة غير ذات صلة بالعلم أو التكنولوجيا الحديثين. وأدى التحول في الأسلوب

القديم للصيدلة إلى الاستغناء عن العقاقير التقليدية والتحول إلى الأسلوب الصيدلاني الحديث خلال القرن التاسع عشر، وساعدت على ذلك كثيرًا التقنياتُ الجديدة لفصل وتحليل واختبار العقاقير. وتمثلت نتيجة هذا كله في إنتاج أنواع كثيرة جدًّا من العقاقير الجديدة لتخفيف الألم، بل ربما لكل الأمراض البشرية التي يمكن للإنسان تصورها. وكان الأسبرين (حامض الأستيل سالسيليك) من بين أول هذه العقاقير العام ١٨٩٩م. وظهرت من بعده عقاقير السلفا (السلفانوميد) في ثلاثينيات القرن العشرين، ثم البنسلين والسلسلة الكاملة من المضادات الحيوية خلال الأربعينيات. ولم يكن بالإمكان أن يحدث مثل هذا التطور في العقاقير — والذي يستلزم موارد مالية ضخمة، وخبرة فنية كبيرة — إلا في البلدان المتقدمة تكنولوجيًّا، ولكن فائدتها عمت العالم قاطبةً، وهكذا أصبحت عاملًا مهمًّا من عوامل الزيادة السكانية في العالم.

ونجد من بين الابتكارات الطبية التي لها أثرها القوي في الحياة الحديثة بعض الابتكارات التي أسهمت في الحد من الزيادة السكانية؛ من ذلك مجموعة وسائل تنظيم النسل التي أصبحت ميسورة خلال العقود الأخيرة. وطَبَعي أن هناك تاريخًا طويلًا لتنظيم النسل، سواء عن طريق التحكم في العلاقات بين الأفراد، أو عن طريق استخدام العوازل الصناعية على اختلاف أنواعها. زد على هذا أنه من الأمور اللافتة للنظر أنه مع تقدم المجتمعات تكنولوجيًّا زادت ممارستها لوسائل تنظيم النسل بصورة أو بأخرى. ولهذا نرى منحنى الزيادة السكانية أصبح مستويًا في البلدان المتقدمة، بعد أن كان في السنوات الأولى للتصنيع يزيد بمعدل أُسِّي، ولعل سبب ذلك إدراك الناس أن الاستمتاع بنوعية راقية للحياة في العالم الحديث إنما يعتمد على الحد من عدد الأفواه المطالِبة بالطعام داخل كل أسرة، ولكن أيًّا كان سبب هذا التحول الديموجرافي، فإنه علامة مبشرة تفيد أن بالإمكان احتواء ظاهرة الانفجار السكاني، غير أن من المتوقع أن تستمر قوة دفع الزيادة لبضع سنوات قادمة؛ نظرًا لأن عادات تنظيم النسل لم تنتشر بعدُ على نطاق واسع في البلدان الأقل تقدمًا.

ولم يقتصر الأمر على مجرد زيادة السكان في العالم الحديث، بل زاد أيضًا تركُّزهم في المدن الكبرى والعواصم. والملاحظ أن عملية الاتساع الحضري هذه كانت تحدث دائمًا على نطاق العالم وفقًا للضغوط والشروط التكنولوجية، وكانت تعبيرًا عن نجاح التجديد التكنولوجي في إزاحة الكثير من هذه الضغوط والشروط، مما يؤدي إلى زيادة حجم المدن. فالمدن دائمًا هي التعبير عن الحضارة ورمزها، وهي مؤشر على الاستيطان الدائم

الذي تتولد عنه التجارة والصناعة، ووجود المدن وحجمها وانتشارها في مجتمع ما يمكن اعتباره مقياسًا لدرجة تعقُّد وتطوُّر هذا المجتمع أو ذاك، ولكن هذه الضغوط كانت شديدة القسوة والصرامة في المدن الأولى قديمًا، ومن ثم كان لزامًا على كل فرد أن يعيش حياته العملية داخل حدود المسافات التي يمكنه أن يقطعها مشيًا على الأقدام ليصل إلى مكان عمله، ولا بد أن تتوافر له في هذه الحدود إمدادات كافية من المياه العذبة، علاوة على الخدمات الأساسية من حيث الطرق المُعبَّدة والتخلص من النفايات، وتوافر الوقود للإضاءة والتدفئة والطهي. وسرعان ما تصل المدينة في حدود هذه الشروط إلى الحجم الأمثل لها الذي لا تتجاوزه. ونجد هذا واضحًا حتى بالنسبة لمدينة روما عاصمة الإمبراطورية التي استطاعت أن تنمو بفضل أعمال هندسية مدنية كبيرة. ولم تكن هناك أي مظاهر للتخفف من هذه القيود حتى القرن التاسع عشر حينما بدأت ضغوط الصناعة التي كانت حافزًا مُلحًّا لابتكار وسائل جديدة تسمح بالمزيد من النمو الحضري. ويمكن أن نلمس ثلاث مراحل للتطور الناجح للحلول التي أسهمت في حسم هذه الضغوط.

المرحلة الأولى، وهي ما قبل منتصف القرن التاسع عشر، حيث كانت السيادة للمدن الصناعية الجديدة، والتي أخذت في النمو سريعًا في بريطانيا وشمال أوروبا، وفي أنحاء من شمال شرق أمريكا؛ ذلك أن الصناعات القائمة على المؤسسات الصناعية، وتعمل فيها أعداد كبيرة من القوى العاملة، وتعتمد على القوة المحركة من المياه أو البخار اتجهت إلى التجمع حول المدن؛ لأن هذه المدن تمثل أساسًا للتوفير الاقتصادي من حيث الإمداد بالأيدي العاملة والتسهيلات اللازمة للوصول إلى الأسواق، فضلًا عن الحصول على الوقود اللازم. وعلى الرغم من أن بعض المجتمعات الصناعية لصناعات النسيج — مثل تلك المقامة في نيولانارك في اسكتلندا، أو مصانع ميريماك في نيو إنجلاند — ظلت داخل مناطق الريف مرتبطة بمصادر قوة المياه، فإن الموقع الطبيعي لأي مصنع كان في المدينة؛ ولذلك أعطى انتشار المصانع دفعة قوية لبناء المدن واتساعها، ولكن ظلت أغلب الضغوط التكنولوجية تعمل عملها في التأثير في حجم المدينة؛ إذ كان عمال المصانع مضطرين إلى العيش بالقرب من مصانعهم؛ ذلك لأن العمل يستلزم وقتًا طويلًا، مما يَحُول دون قطع مسافات بعيدة مشيًا على الأقدام للوصول إلى المصنع، ولم يَدُر بخَلَد أولئك الذين يعيشون على الكفاف إمكانُ وجود أي شكل من أشكال المواصلات، وعلاوة على هذا كانت الخدمات العامة من إمدادات المياه والتخلص من النفايات عند أدنى حد ممكن لها، وهو ما يستحيل على المدينة أن تتحمله. وأكَّد وباء الكوليرا أثر هذه القيود والضغوط، وهو الوباء الذي اجتاح مدن

أوروبا في ثلاثينيات وأربعينيات القرن التاسع عشر. وحاولت بعض العواصم والموانئ الكبرى أو المراكز التجارية أن توفر تدابير إمدادات المياه، وأن تمهد طرقها وتوفر بعض أسباب الرفاه، ولكن — وعلى الرغم من هذا — بدا واضحًا تمامًا أن المدن الصناعية لا يمكنها أن تتوسع إلا إذا توافرت لها حلول دائمة تحسم هذه القيود التكنولوجية.

وبدأت الحلول تَتْرى خلال «المرحلة الثانية» للنمو الحضري، وهي المرحلة الممتدة من منتصف القرن التاسع عشر حتى الحرب العالمية الأولى. وتمثل السكك الحديدية أهم قَسَمة بصرية مميزة لهذه المرحلة. وبدأت خطوط السكك الحديدية بطريقة فجة من حيث اتباع أنماط الاستيطان الحضري الموجودة في السابق، مع وصلات في شكل المدن، ولكن السكك الحديدية كانت أكثر من مجرد رمز لأسلوب جديد لحياة الحضر؛ إذ إنها وفرت وسائل نقل زهيدة نسبيًّا، واستطاعت بذلك أن تؤثر عمليًّا في معدل حركة التوسع الحضري، ومن ثم هيأت إمكانًا لزيادة عدد العاملين في المصانع وفي المكاتب للعيش في أماكن بعيدة إلى حد ما عن أماكن عملهم.

والمألوف أن خطوط السكك الحديدية التزمت طرقًا على طول الوديان الموصِّلة إلى مركز إحدى المدن، وأُقيمت سلسلة من المحطات على طول هذه الوديان قرب خط السكك الحديدية، مما سمح بقيام مستوطنات الضواحي. واقترنت هذه التطورات بجهود موازية استهدفت توفير المياه العذبة لجميع المنازل وبناء شبكة صرف وبالوعات. وسبق لنا أن عرضنا لأهمية هذه الخدمات العامة باعتبارها وجهًا للبنية الأساسية التكنولوجية؛ ولهذا نكتفي هنا بالإشارة إلى أنها أثرت تأثيرًا قويًّا في سبيل إزالة بعض القيود والضغوط الخطرة على عملية التوسع الحضري. وهناك خدمات عامة أخرى مثل صناعة إمدادات الغاز، ونشأت وتوسعت خلال هذه المرحلة أيضًا، ونشطت عملية تعبيد الطرق، وازدهرت عمليات التشييد والبناء التي تمثل قَسَمة حضرية، مثل دور الأوبرا وغيرها من مستلزمات الحياة المدنية التي تنافست مع بعضها لتوفير وسائل نقل محلية عن طريق تقديم أفضل خدمات في صورة الترام كمثال. وبدأ الترام في صورة خدمات من عربات تجرُّها الخيل، ولكن مع نهاية القرن التاسع عشر استخدم أغلبها وسيلة الجر الكهربائي لتشغيل ترام يعمل بقوة الكهرباء، ويصف هذه العرباتِ مؤرخٌ بقوله: «مراكب الجندول الشعبية»، وأفادت هذه كثيرًا في تيسير الحركة داخل المدن، كما شجعت على المزيد من التوسع.

وبدأت المرحلة الثالثة من النمو الحضري حوالي زمن الحرب العالمية الأولى، واستمرت منذ ذلك التاريخ، وتميزت بالزيادة المطردة في حجم المدن؛ مناطق حضرية تضخَّمت

وتلاحمت مع بعضها وكأنها مجمع مدن، وأصبحت عاصمة البلاد، كما كانت في القرن التاسع عشر، مدينة ضخمة الآن مثل نيويورك أو طوكيو. وكانت القوة التكنولوجية الحافزة التي دعمت هذا التطور هي الطاقة المحركة بشكلَيها في القرن العشرين، ويمثلها المحرك الكهربائي، والمحرك داخلي الاحتراق. والمعروف أن الكهرباء حررت الصناعة من الاعتماد على قرب مورد الوقود؛ إذ أصبحت القوة المحركة متاحة الآن في أي مكان بفضل الشبكة الكهربائية. كذلك فإن المحرك داخلي الاحتراق حرر الصناعة من الاعتماد على السكك الحديدية والقنوات المائية لنقل الكميات الكبيرة من المنتجات والمواد الخام؛ إذ أصبح بالإمكان الآن نقلها من المصنع إلى المستهلك في شاحنات كبيرة تسافر عبر شبكة من الطرق السريعة. وأدى التحرر من هذه القيود التكنولوجية إلى ظهور العديد من المصانع بعيدًا عن مراكز المدن القديمة. وهيأت السيارة قدرة غير مسبوقة على انتقال الرجال والنساء، وبذا أصبح بإمكانهم اختيار المكان الذي يسكنون فيه بعيدًا عن مكان العمل، ويقطعون رحلة العمل يوميًّا بسياراتهم. أما من لا يملكون سيارة أو لا يرغبون في قيادتها وسط زحام مرور العاصمة فإن هناك خدمات القطارات الكهربائية السريعة والباصات.

وتمثَّل مجمل تطورات القرن العشرين في أن أصبحت المدن أكثر اتساعًا وأكثر أهميةً مما كانت عليه في السابق. وها نحن الآن نرى غالبية الناس في البلدان الصناعية المتقدمة هم من سكان المدن، ونسبة كبيرة من سكان البلدان الأقل تقدمًا يعيشون أيضًا في عواصم ومدن كبرى. ومع تعاظم المدن تأكدت الحاجة إلى نظام شامل لتخطيط المدن. وهناك بالطبع تراث عريق ومتميز لتخطيط المدن يرجع تاريخه إلى العالم القديم، وعاد ليظهر في القرن الثامن عشر. وظهرت خلال القرن التاسع عشر أمثلة كثيرة لعمليات تخطيط جزئي، خاصةً تخطيط المناطق الصناعية، ولكن لم يكن هناك تصور كامل عن خطة شاملة للحياة الحضرية على الرغم من أن باريس أُعيد بناؤها بالكامل في ستينيات القرن التاسع عشر بناءً على تعليمات نابوليون الثالث، ولكن ظهر في أواخر القرن التاسع عشر رواد لمفهوم تخطيط المدن، من أمثال أبينيزر هوارد في بريطانيا الذي شرع في إعداد مخططات لطراز جديد تمامًا للتطور الحضري. وألَّف هوارد دراسة عما سماه «المدن البساتين»، ووضع تصورًا عن جميع الوظائف الضرورية لحياة المدينة التي تجري داخل بيئة جديدة تُصمَّم بدقة واهتمام. وكان له أتباع كثيرون خلال القرن العشرين، وقاموا بمحاولات دَءوبة لضبط عملية الانتشار العشوائي للمدن. وعمدوا إلى خلق بيئة شاملة

موحدة والحفاظ على ما تبقى من الريف، وضمان الحركة السلسة الانسيابية للمرور. وأصبحت هندسة المرور بوجه خاص مظهرًا أساسيًّا من مظاهر تخطيط المدن، وذلك لسبب عملي تمامًا هو أن اختناق المدن زاد بطريقة مزعجة مع زيادة أعداد السيارات؛ ولهذا أصبح لازمًا تهيئة المساحات التي تسمح بتدفق حركة المرور في حرية وسهولة. ومعنى هذا توفير طرق صالحة للسيارات داخل المدن التي كانت في السابق غير ملائمة لمن يعيشون في بيئة حضرية.

وأصبحت حياة المدينة قَسَمة مهيمنة ومميزة للمجتمع الحديث، وتكشف بذلك عن علاقة وثيقة بين التكنولوجيا والناس، وتتجلى هذه العلاقة ذاتها داخل البيوت حيث يعيش الناس. ويكفي أن نلقي نظرة على تنظيم البيت وتجهيزاته حتى نرى هذا واضحًا، ونرى البيت مُجهَّزًا بالكثير من التكنولوجيات المتاحة، ابتداءً من المفتاح الذي نضغط عليه ليعمَّ الضوءُ الغرفةَ، أو مفتاح تشغيل العديد من المعدات المنزلية على اختلاف أنواعها، وحتى التجهيزات وألياف النسيج وأجهزة التسخين والتهوية، وأدوات التسلية مثل الفيديو والهاي فاي. وإذا نظرنا إلى هذا التحول الذي طرأ على البيئة المنزلية على مدى القرن الأخير نجده من أكثر التغيرات عمقًا، والذي نسجته التكنولوجيا الحديثة. ولعلنا نأخذ هذا مأخذ التسليم لا لشيء إلا لأننا أَلِفناه كجزء من نسيج خبرتنا الشخصية المباشرة. وهذا واقع يدعو إلى الرثاء لأن هذا التحول أسهم إسهامًا قويًّا في تحرير الحياة الحديثة.

وإن مفهوم التحرر Liberalization مفهوم متكافئ الضدين، ولكنه مهم للغاية ووثيق الارتباط جدًّا بالتطورات التكنولوجية التي عرضنا لها في هذا الفصل، والجديرة بأن نضعها في هذا الإطار. والفكرة صعبة لأنها تتضمن دائمًا التحرر من شيء ما، والذي يمكن أن يتغير بتغير الزمان والمكان؛ ولهذا فإن الأوضاع المقبولة والعادية في قرن ما تبدو نوعًا من الفرض القسري الغشوم على المرء في قرنٍ تالٍ. وكذلك الحال بالنسبة للعلاقات الاجتماعية التي تبدو صحيحة بين الطبقات أو بين الجنسين في بلد ما يمكن أن نجدها موضع إدانة واتهام، وأنها انتهاك للحرية أو مناهَضة للمساواة بين الجنسين في بلد آخر. وهذا من شأنه أن يجعل أي تعميم بشأن الحرية أمرًا محفوفًا بالأخطار على الرغم من أن أهمية الحرية في حياة المجتمعات الحديثة لا يدانيها شك. ولنا أن نؤكد بقدر كبير من اليقين، فيما يختص بالعلاقة بين التكنولوجيا والناس، أن مناخ الحرية الاجتماعية شرط ضروري لتشجيع المبتكرين، ولضمان حصولهم على جزاء ابتكاراتهم، ويفيد مناخ الحرية أيضًا في ضمان شيوع وتطور الابتكارات لتصبح تجديدات ناجحة. علاوة على هذا فإن الليبرالية في صورة مجتمع مفتوح نسبيًّا، حيث يمكن مناقشة الأفكار والسياسات

فيه مناقشة بنَّاءة، تمثِّل عاملًا مهمًّا لضمان أن الابتكارات التكنولوجية تُنظَّم على الوجه الصحيح، وذلك للحيلولة دون أسباب المعاناة البشرية أو منعًا لحدوث تدمير للبيئة.

لذلك فإن ما نريد أن نشير إليه هو أن التجديد التكنولوجي ينزع إلى تغيير العلاقات القائمة، وغالبًا ما يحدث هذا في اتجاه وضع جديد أكثر حريةً من سابقه. هذا على الرغم من أنه أحيانًا يُفضي إلى أسلوب قائم على الفرض والإلزام حتى ليذهب ظن البعض إلى أن الوضع الجديد غير مُستصوَب شأن الأوضاع السابقة العاطلة من الحرية، والتي تم التخلص منها. مثال ذلك أنه في الوقت الذي حطمت فيه السيارة ووسائل الاتصال الإلكترونية الكثير من الحواجز بين الطبقات، فإننا نجد أسلحة الحرب التكنولوجية الحديثة تهدد الناس بنظام استبدادي أشد طغيانًا من أي نظام مسبوق. وبينما استطاع كلٌّ من الهاتف والآلة الكاتبة والدراجة — وكذا وسائل توفير الجهد داخل البيت، والتي أشرنا إليها — أن يسهم بدور مهم في تحرير المرأة من عبودية الواجبات والمهام المنزلية، فإن كثيرين من المراقبين في المجتمعات الحديثة لا يزالون تحت سطوة مشاعر عميقة بعدم المساواة بين الجنسين، رسَّخ بعضَها الانحيازُ التعليمي التقليدي الذي يُلقِّن الفتيان فهمًا عن التكنولوجيا أفضل مما هو متاح للفتيات.

وأيًّا كانت مشكلات التعميم فقد يكون من الصواب القول إن غالبية الناس في البلدان الصناعية المتقدمة، إذا ما عقدوا مقارنة بين أنفسهم وبين آبائهم، أو بين أنفسهم وبين أقرانهم في البلدان الأقل تقدمًا، فإنهم يشعرون بأنهم أكثر حرية. وعلى الرغم من كل الدلالات المتناقضة فإن القسط الأكبر من الحرية مُستمَد من الكفاءة التكنولوجية، أي قدرتها على النقل والاتصال والإنتاج والإمتاع بالنسبة للمرء والناس بعامة. وسواء أكان الناس مُهيَّئين أم لا للإفادة بهذه التسهيلات ليكونوا أكثر استنارة أو ليكونوا معنويًّا أحسن حالًا وأكثر تفوقًا، فإن هذا يثير قضايا عميقة الأهمية والدلالة تتجاوز نطاق دراستنا هذه. ويكفينا هنا أن نقرر أن ثمة علاقة حميمية وحاسمة بين التكنولوجيا والحرية، والتي من دونها لن يتسنَّى للناس الإفادة بها. وبات لزامًا أن تترسخ هذه الحرية وتأخذ صيغة تشريعية إنسانية ومؤسسية بين الفرد والدولة، وهذا هو موضوعنا في الفصل التالي.

الفصل الثاني عشر

التكنولوجيا والدولة

حين نَصِف الإنسان، رجلًا كان أو امرأة، بأنه حيوان اجتماعي فإن المقصود أنه يعيش بطبيعته في مجتمع، وأنه من دون هذه العلاقة ستصبح الحياة كما قال ووصفها هوبز بكلماته الشهيرة «كريهة ووحشية وقصيرة»، ومن ثم فإن الحياة البشرية برُمَّتها تسير داخل شبكة من العلاقات الاجتماعية. وتنقسم هذه الارتباطات إلى فئتين: إلزامية وطوعية. والملاحظ أن الغالبية من العلاقات الاجتماعية هي علاقات طوعية حيث لنا أن نختار، نظريًّا على الأقل، ما إن كان لنا أن ننتمي أو لا ننتمي إلى دُور العبادة أو النقابات أو جمعيات الحفاظ على البيئة أو نوادي التنس. أما المجتمعات الإلزامية فهي قليلة العدد، ولكنها ذات شأن حاسم. وثمة اثنان منها فقط: الأسرة التي نولد في كنفها وتعطينا توجهنا العرقي والثقافي، دون أن يكون لنا خيار في هذا، والدولة وهي المسئولة عن الحفاظ على القانون والنظام داخل مجتمع إقليمي معين، كما تعمل على ضمان تلاحُمه في مواجهة أي عدوان من الخارج. ونؤكد ثانيةً أن ليس لنا خيار بشأن الدولة التي نولد في نطاقها. وهكذا تُستقطَب المجتمعات البشرية إلى جماعات تدافع عن نفسها، وهي الدول، حتى إن اخترنا يومًا التخلي عن تبعيتنا لدولة ما إنما يكون لننقل التبعية إلى دولة أخرى. ولا معنى على الإطلاق لوجود إنسان بلا جنسية لا ينتمي إلى دولة ما؛ ولهذا تُعتبر الدولة شكلًا من أهم أشكال المجتمع، ولها إمكاناتها الهائلة في أن تُحسِن أو أن تسيء استخدام التكنولوجيا.

ونذكر أولًا أن الدولة تخضع هي الأخرى لنوع القيود والضغوط التكنولوجية نفسه فيما يتعلق بالحجم حتى أثَّرت في نمو المدن؛ فالسلطة الفعالة للدولة من أجل الحفاظ على القانون والنظام وتطوير وسائل الدفاع الضرورية ضد أي عدوان محتمل، إنما تحددها كفاءتها التكنولوجية لكي تزيد من عدد قوات الشرطة والجيش وتزودهم بالمعدات، وكذا

كفاءتها في نقل هذه القوات بسهولة إلى أي مكان مطلوب، وكفاءتها في توفير الاتصالات مع هذه القوات في أثناء عملياتها.

والجدير ذكره أن الإمبراطورية الرومانية توافرت لديها شبكة طرق برية متميزة، وتنظيم سياسي عالي المستوى، ومع هذا اضطُرت إلى أن تعاني من هذه القيود إلى أقصى حد؛ إذ كثيرًا ما اضطُرت جيوشها إلى أن تحارب خارج حدود سلطة إدارة الإمبراطورية؛ ولهذا بدأت هذه الجيوش تعمل وكأنها دول داخل الدولة، ومن ثم أصبحت تشكل تحديًا لعوامل تلاحُم الإمبراطورية، وهو ما عجزت عن مقاومته في نهاية الأمر. ومع انهيار السلطة الرومانية في غرب أوروبا ارتدَّت المنطقة إلى شكل أبسط من المجتمعات بعدما أدخل الغزاة التيوتونيون نظام ولاياتهم القَبَلية القائم على العصبية العائلية، والذي أصبح يمثل الشكل الأصلي والأساسي لتنظيم الولاية.

واستعادت المنطقة تلاحمها السابق بعد طرد جحافل الغزاة بفضل زيادة رخاء وقوة المجتمعات المستقرة. هذا على الرغم من أن هذه المجتمعات لم تندمج معًا في دولة واحدة، مما كان له أثره الواضح في تطور الحضارة الغربية. معنى هذا أن الغرب، على عكس الحال بالنسبة للحضارتين المصرية والرومانية، كان يفرز دائمًا خليطًا كبيرًا من البلدان المختلفة، والتي أمضت غالبية أيامها في تنافس واضح بعضها مع بعض، بيد أن هذه المنافسة ذاتها هيأت للغرب إمكان الوصول إلى أساليب بديلة للحكم مثلما هيأت إمكان تطور تقاليد حق الاختلاف والتسامح والليبرالية، وحفَّز هذا التنوعَ أيضًا التنافسُ في مجال التكنولوجيا.

كان لدينا فيما سبق ما يبرر رصد أهمية توافر المناخ الليبرالي في عمليات التطور التكنولوجي، وحريٌّ بنا الآن أن نشير إلى أن نطاق هذا المناخ الليبرالي كان جزءًا لا يتجزأ من العلاقة بين الدول الكثيرة المتنازعة داخل الحضارة الغربية، وليس معنى هذا أنه كان مقصودًا مُتعمَّدًا؛ ذلك أن العلاقات بين البابوية والإمبراطورية، أو بين الكاثوليك والبروتستانت، أو بين أحد الملوك ومنافس له يدَّعي حقه في العرش لا تكشف عن شيء يماثل ما يعرفه العالم الحديث من ليبرالية ديمقراطية، ولكن الانهماك في هذه النزاعات بين الدول في الغرب، أو في كثير غيرها مما له طبيعة شخصية أو عصبية، خلق تراثًا لرأي أكثر حرية وحق الرأي في الاختلاف والتعبير عن نفسه، بل شجعه على ذلك إذا ما كان قادرًا على دعم مصالح طرف أو آخر في هذه النزاعات، خاصةً إذا ما تعلق الأمر بإمكان تحقيق رخاء تجاري أو كفاءة تكنولوجية. وهكذا نجد أن مجموعة العوامل

المميزة والجوهرية الفنية بدأت تتشكل كما بدأت الدول في أوروبا تضعها في الحسبان أكثر فأكثر.

وكان من بين السبل التي الْتَمستها الدول لتشجيع التكنولوجيات التي يمكنها أن تهيئ لها ميزة على منافسيها؛ أن منحت المخترعين حق الاحتكار بما يكفل لهم جزاءً ماليًّا لقاء أفكارهم. وتجلى هذا أولًا كوسيلة لدعم التجارة والصناعة عن طريق حماية مشروعات بذاتها في مجال التوسع التجاري. مثال ذلك التجارة عبر البحار مع جزر الهند الشرقية، أو جلب حرفيين أجانب لاستخراج النحاس من المناجم الإنجليزية. وتعدَّل المفهوم بطريقة ملائمة بحيث يمنح المخترع براءة اختراع، مما يهيئ له فرصة تحقيق عائد مالي مقابل استثمار أفكاره، وبذلك يكون للمخترع وحده حق الاستفادة باختراعه خلال فترة محددة. والملاحظ أن النظام في بريطانيا كان معقدًا وباهظ الكلفة خلال القرن الثامن عشر؛ ولهذا عجز كثيرون من المخترعين عن تحمل نفقات وأعباء الحصول على براءة الاختراع، أو آثروا الاحتفاظ باختراعهم سرًّا، ولكن هذا لا يمنع من الإشارة إلى أن عددًا من رجال الصناعة المتمرسين من أمثال بولتون ووات عَرفا كيف يفيدان جيدًا من هذا الوضع لحماية براءة اختراعهما للمحرك البخاري الذي ظل سرًّا لهما على مدى ربع قرن، ولكن أصبح الوضع بعد ذلك أكثر بساطة وأقل كلفة، مما هيأ الفرصة للمزيد والمزيد من المخترعين لكي يفيدوا من الحماية التي تكفلها لهم براءة الاختراع. واستحدثت غالبية البلدان الصناعية في أوروبا وشمال أمريكا نظمًا مماثلة خلال القرن التاسع عشر. وبدأت براءات الاختراع تكتسب اعترافًا دوليًّا، وإن استطاعت بعض البلدان أن تستغل ثغرات في نص التشريع، ولكن أهم شيء من وجهة نظرنا بالنسبة لنظام براءة الاختراع ليس نطاق النظام أو فعاليته، بل وجوده في حد ذاته الذي يعبر عن الإقرار بحق الفرد، وبأنه جدير بهذا الحق، ومن ثم فهو عنصر عالي القيمة من بين مجموع العناصر التكنولوجية.

وبحلول القرن الثامن عشر بدأت تخف بعض القيود التقليدية على التطور التكنولوجي، ونخص بالذكر هنا التفوق في بناء السفن الشراعية وصناعة المدفع، مما مكَّن دولًا أوروبية كثيرة من تكوين إمبراطوريات مهمة فيما وراء البحار. ومن دواعي السخرية أنه بينما ظل النقل البري داخل أوروبا بدائيًّا إلى أقصى حد كانت السفن الشراعية للبرتغال وإسبانيا وفرنسا وهولندا وإنجلترا والسويد تَمخَر أسرابًا طويلة عبر محيطات العالم، واستطاعت هذه البلدان إنشاء محطات ومستعمرات تجارية لها على شواطئ الهند والعالم الجديد، ولكن تعذر عليها كثيرًا الاختراق والتوغل إلى داخل القارات فيما وراء قواعدها. ومن المُسلَّم به أن الإسبان حاولوا بكل الطرق أن يفعلوا ذلك في أمريكا الوسطى بفضل

الشجاعة الفريدة للغزاة الإسبان وقسوتهم الوحشية، ثم علاوة على تحالف الحظ معهم؛ إذ وجدوا سكان البلاد الأصليين وقد أعاقتهم الانقسامات والخرافات، ولكن ظل هذا الوضع استثناء إلى أن حظي البريطانيون بميزات مماثلة خلال غزوهم الهند في نهاية القرن الثامن عشر. وبعد ذلك بدأ المستوطنون الأوروبيون يتوافدون أفواجًا لم تنقطع. وتكدس المستوطنون الأوروبيون كما تكدست قوة السلاح الناري، وهكذا تهيأ إمكان ضم الجزء الأكبر من المناطق غير الاستوائية في العالم تدريجيًّا منطقة بعد أخرى. وفي شمال أمريكا أخذ المستوطنون هذه المهمة على عاتقهم بعد أن طردوا السلطة الاستعمارية البريطانية، ولكن كان على القوى الاستعمارية أن تنتظر فترة أطول لضم المناطق الاستوائية في العالم، وذلك إلى حين توافر الأدوات التكنولوجية الملائمة، خاصةً البواخر الصغيرة الحجم والموثوق بها، بحيث تكون قادرة على الملاحة عبر الأنهار وسط الغابات الاستوائية. هذا علاوة على الحاجة إلى توافر عقاقير مثل الكينين لمقاومة الملاريا التي كانت سلاح الموت ضد الرجل الأبيض. وحين توافر هذا كله — فضلًا عن التطور المستمر الصاعد للسلاح الأوروبي، وزيادة شبكات السكك الحديدية عبر القارات — استطاع الدخلاء اختراق جميع القارات وإخضاعها لأوروبا.

وبدأت الدول الأوروبية في القرن السادس عشر عمليات تكوين إمبراطوريات لها فيما وراء البحار، وذلك في وقت كانت هذه الدول المعنية لا تزال في حقيقتها منتَجًا للتنظيمات الأسرية في العصر الوسيط، على الرغم من أن الإصلاح الديني البروتستانتي أضاف إلى الوضع بعد ذلك بُعدًا آخر للصراع الديني. حقًّا لقد بدأت هذه الدول آنذاك في التفكير في نفسها باعتبارها «أُممًا»، ولكن الأمر استغرق زمنًا طويلًا إلى أن نضج وساد المفهوم الحديث بكل مقوماته عن الدولة-الأمة، ولكن الثورة الفرنسية العام ١٧٨٩م وجهت ضربة قوية اهتزت لها أركان مبدأ الشرعية الأسرية، وقدمت مبدأ أكثر قوة، وأصبحت لهذا المبدأ السيادة في السياسة الأوروبية، ألا وهو صوت الشعب. بدا التعبير أول الأمر تعبيرًا مُبتسَرًا على لسان العامة، ولكنه تدريجيًّا ازداد وضوحًا وتماسكًا، وأصبحت له دلالته الواضحة كتعبير عن الحركات الجماهيرية الشعبية في القرن التاسع عشر التي اتجهت غالبًا نحو أهداف قومية، وتمخض هذا عن نتيجة محددة، وهي أن أصبحت دول أوروبا دولًا-أممًا، ومن ثم عَدَّلت من أهدافها وفقًا لمقتضيات الوضع الجديد، وظلت على حجمها زمنًا وإن أصبح بعضها أكبر حجمًا، كما لم تخفَّ حدة التنافس فيما بينها، بل ربما زاد التنافس حدةً في بعض الأحيان، ولكن الشيء الجديد هو تبنِّي الدول الأوروبية

لمواقف قومية فيما يتعلق بلغاتها وأصولها العرقية وتراثها الثقافي، وظل التنافس فيما بينها حافزًا للتطور التكنولوجي مع فارق وحيد؛ أنه يخدم اليوم تطلعات قومية.

ولنا عودة إلى موضوع المساهمة المتميزة للتكنولوجيا في الحرب بين الدول-الأمم المتنازعة، ولكن من المهم هنا أن نلحظ أن التطورات التكنولوجية خدمت دائمًا النزعة القومية في مجالات أخرى. والجدير ذكره أن الإزالة العملية لكل القيود التكنولوجية المفروضة على توسيع الدولة بسبب طبيعة وسائل النقل والمواصلات الحديثة، ووسائل توليد القوى المحركة ساعد على دعم النزعة القومية، وأشبع أسباب الخُيَلاء الإمبراطورية. ووَضَعت هذه الوسائلُ أيضًا في خدمة الحكومات قوًى هائلة للسيطرة على المعلومات والدعاية، مما ساعد على خلق رأي عام ساكن راضٍ بالواقع. وبدا واضحًا أننا عَبَرنا العام ١٩٨٤م دون أن يصدق الكابوس الذي تنبأ به جورج أورويل والذي أنذر باتخاذ إجراء مروع من جانب الهيمنة الشاملة للدولة ضد الشعوب، عن طريق «أجهزة دعاية جديدة والتحكم من بعد» وغير ذلك، ولكن الواضح بالنسبة لبعض المجالات أن القوى المتاحة للدول-الأمم للإرهاب أو خداع المواطنين أضحت أكثر إزعاجًا من تلك التي تصوَّرها أورويل. وأصبحت اليقظة ضد تزايد عمليات الإخضاع القومية أمرًا حيويًّا بالنسبة لأي مجتمع صحي.

إن مفهوم الصحة الاجتماعية من شأنه أن يثير تساؤلات كثيرة ما لم نحدده بوضوح. وهدفنا هنا أن ننقل فكرة توافق الرأي الاجتماعي القائم على درجة عالية من المشاركة في عمليات اتخاذ القرار، سواء قرار الدولة أو قرار مستويات مباشرة أكثر تختص بالنشاط الاجتماعي، أو بعبارة أخرى، إننا نتحدث عن الديمقراطية، على الرغم من سوء استخدام هذه الكلمة واختلاف معانيها باختلاف الناس، والتي تعني أن يكون «الحكم بواسطة الشعب» عنصرًا فعالًا على وجه اليقين في هذه المشاركة؛ إذ من دون ذلك سوف ينتهي الأمر بأن تكون السيطرة الاجتماعية حكرًا بين أيدي أصحاب الثروة أو الخبرة العملية، وهو ما يُوهِن «سلطة الشعب» إذا كان لها وجود، لذلك فإننا نُسلِّم هنا كبَدَهية بأن أحد شروط الصحة الاجتماعية يوفر شكلًا ديمقراطيًّا للحكم الذي يدعمه مستوًى عالٍ من المشاركة الشخصية، ونُسلِّم هنا أيضًا بأن هذا الوضع يعني ضمنًا سيادة القانون بطريقة واضحة لا لبس فيها، حيث تتحدد قوانين الدولة بناءً على عملية عامة مُعترَف بها لصياغة القوانين، والتي تتضمن أحكامًا بتغيير القانون، والذي يخضع له جميع أبناء المجتمع دون استثناء.

وإذا اتفقنا على أن هذا تعبير منصف عن نوع الحكم الذي يتضمنه مصطلح «الديمقراطية»، وأن هذه الشروط إجمالًا أكثر استصوابًا ومعقولية من أي تدبير اجتماعي آخر، ومن ثم فهي السبيل الذي يصل بنا إلى أقصى قدر من المجتمع الصحي، إذن سيكون يسيرًا علينا أن ندرك أن لهذا كله نتائجه المهمة بالنسبة للتكنولوجيا، وذلك لأسباب عدة، منها أولًا أن موارد التكنولوجيا الحديثة تهيئ قوًى هائلة، وتضعها في خدمة الدولة الديمقراطية لتوصيل المعلومات ولتشجيع المشاركة، ولكن هذه الموارد ذاتها يمكن أن تتوافر لأشكال حكم أخرى وتستخدمها لأغراض أقل استصوابًا على نحو ما شاهدنا في مثال الدعاية القائمة على تعصب قومي. وثمة أمثلة كثيرة على دكتاتوريات القرن العشرين البغيضة، وما أكثرها، وأكدت هذه الأمثلة إلى أي حد أساءت السلطات استخدام قوى التكنولوجيا، وهذا النوع من الحكم هو الذي يشكل مادة الكابوس الذي حدَّثَنا عنه أورويل. ولعل من الحمق أن ننكر أن التكنولوجيا يمكن أن تستخدمها الدول بكفاءة عالية جدًّا على الرغم من أنها دول لا تحكمها توجهات أو نوايا ديمقراطية، ومن ثم يتعين علينا التزام الحذر السياسي اليقظ ضد هذه الانتهاكات. ويكفي هنا أن ندرك أن مثل هذه الانتهاكات غريبة على مفهوم الثورة التكنولوجية الذي عرضناه في كتابنا هذا؛ إذ إن هذه الثورة جزء مكمِّل لمجموعة عوامل، من بينها أن السياسة جزء لا يتجزأ، وشرط لازم للتحرير وسيادة الليبرالية التي هي الطريق إلى الديمقراطية. وإذا كان ثمة خطر حقيقي داهم يتمثل في تسخير التكنولوجيا لأغراض مناهِضة للحرية والليبرالية فإن نجاح هذا لن يفضي فقط إلى تدمير الديمقراطية، بل أيضًا تدمير الثورة التكنولوجية كما نفهمها. وإن مثل هذه النتائج تعني ضمنًا انهيار بنية المجتمع الحديث وتفكُّك نسيجه، وهو ما يعني نذيرًا أسود لمصير المجتمع العالمي كله.

وإذا كان علينا ألا نقلل من هذه الأخطار، فإننا نؤكد مجددًا أن الدول الديمقراطية الليبرالية الحديثة يمكنها أن تتخذ إجراءات وقائية للحيلولة دونها، والتي تشتمل — من بين ما تشتمل — على اعتراف بدور التكنولوجيا. وتمتد هذه التدابير الوقائية إلى مجالات التربية والتعليم والعلم والثقافة والحرب، وحريٌّ أن نتناول كلًّا من هذه على حِدَة؛ فالملاحظ بالنسبة للدور التكنولوجي في التعليم أنه لم يحظَ بتقدير دائم، ولكن تزايدت أهميته باطراد خلال القرنين الأخيرين؛ إذ كان التصور حتى القرن الثامن عشر أن التعليم نظام يخص الصفوة، ويهدف إلى تثقُّف عقول أبناء الطبقة الحاكمة عن طريق تعليمهم الكلاسيكيات، وكذلك وبنسبة محدودة النظرية الرياضية. أما اكتساب المهارات، سواء من

أجل الحصول على عمل أو للإشباع الشخصي؛ فقد كانت المجتمعات تعتبره غير ذي صلة بالنظرية أو بالممارسة التعليمية، لذلك لم يكن هناك تخصص رسمي له. وكان المتوقع أن المهارات التقنية بخاصة تُكتسَب خلال الممارسة العملية، مثال ذلك أن المهارات التقليدية القديمة، مثل مهارات البنائين والنجارين وصانعي البراميل والحدادين وصناع الأدوات والأوعية المعدنية، فقد تواضع المجتمع على أن يكتسبها المرء من خلال نظام التلمذة الصناعية، ويقضي هذا النظام بأن يلتزم التلميذ بناءً على عقد بالتلمذة على يد المعلم فترة تمتد سنوات عدة يكون من المتوقع أن يتعلم خلالها التلميذ الحرفة. ويدفع آباء التلاميذ ثمنًا مقابل ميزة تعلم التلميذ كلًّا من التدرب على المهنة والانضمام إلى طائفة الحرفيين.

ومن الأهمية بمكان أن نعترف بأن نظام التدريب عن طريق التلمذة الصناعية ظل ناجحًا على مدى قرون طويلة، وكان يمثل خلال هذه الفترة الشكل الوحيد المتاح للتعليم التكنولوجي. وليس لنا أن ندهش، إزاء هذا التراث الطويل العريق، حين نعرف أن المحاولات التي استهدفت في العصر الحديث تغيير هذا النظام التعليمي، وإبداله بنظام مؤسسي اجتماعي واجهت مقاومة أول الأمر، ولكن الواقع أنه بحلول القرن التاسع عشر، إن لم يكن قبل ذلك، اتخذت عدد من الحرف الأساسية، مثل العمارة والجراحة، خطوات تهدف إلى تحسين وتنظيم عملية تعليم الملتحقين بها لتعلم المهارات الخاصة بالحرفة؛ ذلك لأن التلمذة الصناعية لم تعد ملائمة للوفاء بحاجة المجتمع الجديدة للتعليم الفني؛ إذ زادت حاجة المجتمع نتيجة لزيادة حركة التصنيع. وتغيرت التلمذة الصناعية نوعيًّا نتيجة تطبيق اختراعات تكنولوجية واكتشافات علمية جديدة. مثال ذلك أن ظهور السكك الحديدية وشيوعها خَلَق حاجة إلى عدد من المهندسين أكثر من طاقة نظام التلمذة الصناعية السائدة آنذاك. كذلك فإن المجالات الجديدة، مثل الكهرباء والكيمياء العضوية، وهي مجالات تولي أهمية كبرى للخبرة التكنولوجية ليست من المجالات التي يمكن تعليمها عن طريق التلمذة الصناعية؛ لأنها تتجاوز خبرة الممارسين العمليين لها.

وكان حل هذه المشكلات وغيرها من المشكلات ذات الصلة هو استحداث نظام للتعليم التكنولوجي في المدارس والمعاهد والجامعات. ولسوء الحظ أن تعايَش بصعوبة هذا النظامُ أول الأمر مع التقاليد القديمة في الممارسة التعليمية، ولكن تُمُثِّل واستُوعِب آخر الأمر في صورة مزيج دائم ومعقول. وكانت الحاجة إلى ذلك واضحة البرهان. وعندما تبيَّن أن المؤسسات التعليمية القائمة عاجزة عن التلاؤم مع الجديد؛ خُطِّط لهيئات جديدة بديلة. وقادت الدولة الفرنسية الطريق إلى التجديد بعد الثورة العام ١٧٨٩م؛ إذ أنشأت المدرسة

الفنية متعددة التخصصات «البوليتكنيك»، وأعقبتها بروسيا بأن أنشأت معاهد رفيعة المستوى للتعليم التكنولوجي. وتبنَّت معاهد «المنحة الأرضية» Land-Grant Colleges في الولايات المتحدة موضوعات تقنية عند تأسيسها في الولايات الجديدة. وقامت السويد أيضًا بدور رائد في مجال التعليم التكنولوجي في جامعتها التي أُسست العام ١٨٢٩م، واتخذت لنفسها اسم التاجر الاسكتلندي وليام كالمرز الذي وهب منحة إنشائها، ولكن ظلت بريطانيا وحدها متشبثة بطرق التعليم التقليدية على الرغم من أن نجاح التصنيع البريطاني في مطلع القرن التاسع عشر رآه البعض حُجة قوية ضد التغيير، كما أن النزوع القوي في منتصف القرن إلى تطبيق مبدأ حرية العمل Laissez Faire في التعليم وفي غيره من إدارات السياسة العامة، قضى على أي إمكان لقيام مبادرة من جانب الدولة. ومع هذا اضطُرت بريطانيا أخيرًا إلى الإقرار بحاجتها إلى التغيير، وهو ما أكدته النجاحات الملموسة التي حققتها البلدان المنافسة في النصف الثاني من القرن. وشرعت بريطانيا في وضع مقررات دراسية جديدة، وأقامت مؤسسات جديدة احتل التعليم فيها مكانًا بارزًا. وهكذا مع نهاية القرن أصبحت كل دولة في العالم الغربي ملتزمة بالتعليم التكنولوجي، وأقامت له المؤسسات الملائمة حتى وإن تضمن هذا تغيير التصور العام عن دور الدولة والوفاء بالالتزامات التعليمية الموضوعية التي لم يكن بمقدور الإدارات السابقة النهوض بها. وأصبح التعليم الفني، بناءً على ما سبق، جزءًا لا يتجزأ من جهود الدولة.

وكان من مظاهر اكتساب التعليم التكنولوجي صبغة رسمية متزايدة باطراد تزايُدَ الطابع المهني المتخصص. والملاحظ أنه قبل أن تتخذ أي دولة إجراءاتها المسئولة بشأن التعليم، شرعت جماعات من أصحاب المهارات في التخصصات التكنولوجية الجديدة في تشكيل جمعيات تعبر عن مصالحهم خاصة عن طريق ضبط وتنظيم الانضمام إلى صفوفهم. ووضعت هذه الجمعيات من أهدافها أيضًا تعويض النقص في المنشآت التعليمية الرسمية، عن طريق تطبيق نظام التعليم الذاتي لأعضائها من خلال المناقشات، وفي وقت ساعات الراحة والمرح. ويُعتبر المهندسون البريطانيون مثالًا رائعًا للتعبير عن هذا الاتجاه. فبعد أن كان من المتعذر وجود فريق مُعترَف به قبل منتصف القرن الثامن عشر بدأ عدد قليل منهم يطلقون على أنفسهم اسم «المهندسين المدنيين»، وذلك عن رغبة واعية في تمييز أنفسهم عن المهندسين العسكريين الذين كانوا مشهورين اجتماعيًّا. واستطاعوا بفضل قيادة جون سميتون تشكيل «جمعية المهندسين المدنيين» العام ١٧٧١م، لتكون على هيئة نادٍ للرجال مع القيام ببعض الوظائف المهنية المنوطة بها. وبعد جيلَين، أي

في العام ١٨١٨م تزايد عدد أبناء المهنة الوليدة زيادة كبيرة قمينة بأن تنشئ منظمة مهنية كاملة الحقوق والواجبات تحت اسم «مؤسسة المهندسين المدنيين»، وتولى رئاستها توماس تلفورد. وصاغت في عهده ميثاقها الملكي العام ١٨٢٨م، ثم أصبحت النموذج الذي تحتذيه مؤسسات هندسية مماثلة في بريطانيا وفي أنحاء الإمبراطورية البريطانية، وفي الولايات المتحدة. ولم تكن الدولة مسئولة عن إنشاء هذه المؤسسات وما شابهها، مثل هيئة المهندسين المعماريين، أو الملاحظين المعماريين أو غيرها من الجماعات المهنية الجديدة، ولكن الدولة اتجهت في القرن التاسع عشر إلى النظر إليها نظرة رضًا وإقرار بها باعتبار أنها تمثل توسعًا وامتدادًا للنظام الاجتماعي القائم على الاعتماد على النفس، ورأت فيها أمرًا مُستصوَبًا. وهكذا ترسَّخ نظام التخصص المهني وأصبح موضع ترحيب اجتماعي عام كمنتج مشتق من التكنولوجيا الحديثة، وعمد هذا النظام في الغالب الأعم إلى خلق علاقة حميمية مع تعليم الفريق المتخصص المعني، ليقدم إسهامًا موضوعيًّا من أجل ظهور صفوة من الطبقة المسئولة عن الإدارة.

وتوازى نمو النشاط التكنولوجي في العالم الحديث مع نمو العلم في ترابط وثيق بين الاثنين، ولكن يتعين الإقرار بأن الاثنين ظاهرتان متمايزتان وإن ارتبطا بعضهما ببعض، كما لاحظنا في مُستهَل هذه الدراسة؛ فالعلم معنيٌّ بالمعرفة وبفهم طبيعة البشر في بيئتهم، بينما التكنولوجيا معنيَّة بصنع وعمل الأشياء، أي معنية بالطريقة التي يغير بها البشر بيئتهم. وإذا كانت التكنولوجيا قديمة قِدَم النوع البشري فإن الخبرة العلمية اعتمدت على مهارات تعلم الكتابة والحساب؛ ولهذا فهي حديثة نسبيًّا وليست أسبق من الحضارات الباكرة. واتجه العلم والتكنولوجيا إلى التطور مستقلَّين عن بعضهما نظرًا لتباين الخصوصيات الاجتماعية؛ فمن المُسلَّم به أن العلم عمل الفئات المتعلمة سواء أكانوا رجال دين أم رجال إدارة عليا، أو أرستقراطية، بينما اقترنت التكنولوجيا بالحرفيين والعمال والعبيد. ولم يبدأ التقارب بين البحث العلمي والمهارات العلمية إلا في المجتمع الأوروبي الغربي في العصر الوسيط، عندما تهيأت له ظروف تتَّسم بقدر ضئيل من الانفتاح، وتجلى هذا في عديد من مظاهر التقدم المهمة في مجالَي ضبط الوقت والملاحة. وأُسست الجمعية الملكية العام ١٦٦٢م، كما أُسست خلال هذه الفترة تقريبًا مؤسساتٌ علمية قومية مماثلة في بلدان أخرى، وشجع على هذا ما أكده الكشف العلمي من فائدة مرجوَّة، أو بعبارة بيكون الشهيرة أن الكشف العلمي استهدف «زيادة سيطرة الإنسان على الطبيعة». وطَبَعي أن اختراعات مثل اختراع المحرك البخاري ما كان له أن يتحقق دون تطور العلاقة الخصبة بين العلم والتكنولوجيا.

ولكن الملاحظ خلال القرنين الأخيرين أن هذه العلاقة أصبحت أكثر توثقًا وتكافلًا مع اطراد مظاهر الاعتماد المتبادل بين العلم والتكنولوجيا. مثال ذلك أن النجاح الهائل للمحرك البخاري حفَّز أهل الفكر إلى استكشاف طبيعة العمليات داخل المحرك الحراري، وإلى تطوير نظريات الديناميكا الحرارية، التي حققت إسهامًا مثيرًا في مجال الفيزياء الحديثة. وأدى التقدم في فهم هذه الظواهر بدوره إلى حفز مهندسين من أمثال رودولف ديزل إلى تطوير المحرك داخلي الاحتراق بفضل تصوره النظري عن محرك عالي الانضغاط. وحدثت تطورات مماثلة في فروع أخرى للعلم والتكنولوجيا، كان أوضحها في العلاقة بين علم الكهرباء والهندسة الكهربائية، وكذا بين علم الكيمياء وتكنولوجيات الهندسة الكيميائية والصيدلة. وسبق أن أشرنا إلى الدلالات الضمنية لهذه الرابطة الوثيقة المتزايدة في ضوء الإجراءات التعليمية، إنها إجمالًا زيادة اعتماد التكنولوجيا على النظرية العلمية، وفَهْم أن هذا أدى إلى زيادة الحاجة إلى تعليم رسمي مؤسسي في هذه المجالات، ولكن لا يزال كلٌّ من النشاطَين محتفظًا بهويته المميزة. ونذكر بوجه خاص أن تطور المعرفة العلمية ينزع إلى التحرك في طفرات أو «نقلات للإطار الفكري»، بينما الخبرة التكنولوجية يغلب عليها الطابع التراكمي في صورة آلية متدرجة ومتشابكة، ولكن ثمة أسباب عملية وجيهة تبرر لنا معالجة كلٍّ منهما على حِدَة.

شجعت الدول الحديثة التعليم الفني وأحاطت برعايتها التكافل بين العلم والتكنولوجيا. وأفاد هذا كثيرًا في خلق وتعزيز ظروف الحراك الاجتماعي بحيث أصبح الأفراد واعين بالفرص المتاحة أمامهم لتحسين أوضاعهم، ومدركين أن لكل امرئ دوره الشخصي الموضوعي والمهم، وبذلك رسخت الدول أسس الديمقراطية الليبرالية. ويَصدُق الشيء نفسه إلى حد كبير على علاقة الدولة والعديد من الأنشطة الثقافية العامة، مثل الآداب والفنون والدين والرأي العام. وليس من المطلوب ولا المُستصوَب أن تتدخل الدولة على مستوًى كبير في هذه المجالات. ولعل الأصوب أن الدولة التي تنزع إلى التسامح ستحقق الكثير في سبيل النهوض بالمزايا والمغانم المحتملة للتطور التكنولوجي، أكثر من دولة تنزع إلى توجيه مسار التحول الثقافي بأسلوب قائم على العدوان أو عدم التسامح، أو بعبارة أخرى إن المحاولات التحكُّمية من جانب الدولة بفرض رقابة صارمة على الفنون أو إيثار عقيدة دينية على حساب عقائد أخرى، أو صب الرأي العام في قوالب يصوغها الإعلان والدعاية بإمكاناتهما الطاغية، إنما هي محاولات غير مُستصوَبة. وليس هذا فقط لأنها ستؤدي إلى تقويض أساس الديمقراطية الليبرالية، بل أيضًا لأنها سوف تستنزف

مناهل النشاط الفني التكنولوجي. وحريٌّ بنا أن نتذكر أن منابع الإبداع التكنولوجي ذات الثراء والخصوبة إنما تستمد طاقتها من احتياطيات القوة الإبداعية نفسها التي تحفز الجوانب الأخرى للنشاط الثقافي، ومن ثم فإن تقييد أحدهما يعني تقييد الآخر.

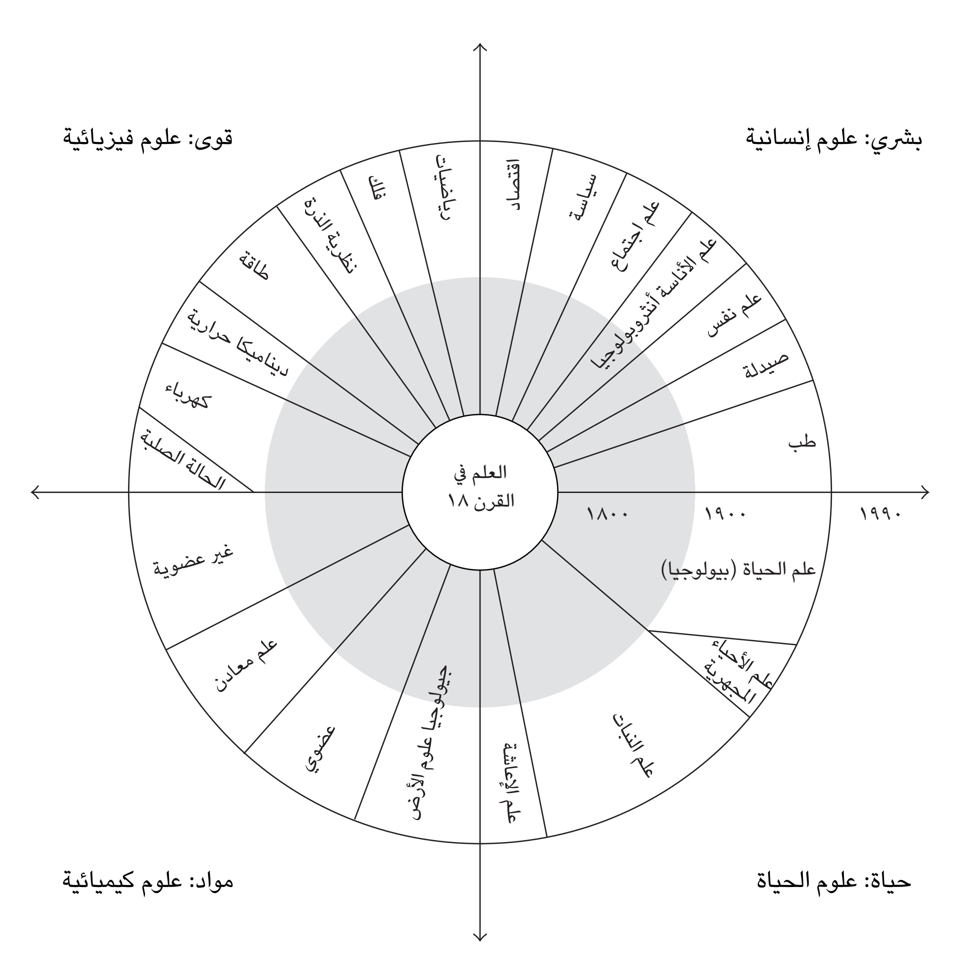
والعلاقة الوثيقة بين التكنولوجيا والإبداع الثقافي واضحة على جميع المستويات. حقًّا إن التكنولوجيا لم يكن لها بروز واضح في الأدب التقليدي في أوروبا وشمال أمريكا، ولكن ثمة أُلفة متزايدة بين الأدب والتكنولوجيا العالية في صورة الخيال العلمي. وإذا كنا لا نزال ننظر إلى القدر الأكبر من هذا النوع من الأدب باعتباره أدب العامة، فإن بعضه يخلق تيارًا من الكتابة الجيدة التي تستحق أن نأخذها مأخذًا جادًّا باعتبارها شكلًا من أشكال الأدب، ومجالًا للتأمل المهم في جوهر المجتمع التكنولوجي. ولقد استطاعت التكنولوجيا في مجال الفنون البصرية أن تُحدِث تأثيرًا امتد زمنًا طويلًا، وذلك في مجال الفن المعماري لمحطات السكك الحديدية وفي الجسور الخرسانية، وأيضًا في حركات فنية، مثل الانطباعية، وحركة الفن الجديد، والتكعيبية. ولكن تأثير الموسيقى أقل وضوحًا، هذا على الرغم من أن الموسيقيين المُحدَثين يغتنمون الفرص التي هيأتها لهم التقنيات والآلات الجديدة لتوسيع نطاق عملهم، ولتسجيل وعمل توليفات من إبداعاتهم. وهناك أيضًا ظاهرة موسيقى البوب، فإنها تقدم صورة مُضخَّمة قوية ولكنها متوازنة لجماهير عريضة من المستمعين، وتمثل تعبيرًا واضحًا ومميزًا عن هذه العلاقة، كما تثير العديد من المسائل المهمة عن الضبط الاجتماعي. فإن كانت مصلحة المجتمع تقتضي ممارسة قدر من الضبط بشأن مواعيد ومواقع احتفالات البوب، فسوف يكون خطأً شنيعًا استخدام هذا الحد الأدنى من السيطرة كوسيلة لتوجيه شكل هذه الأحداث أو جَعْل السيطرة عليها أمرًا مستحيلًا. إن العلاقة غالبًا هي علاقة حساسة، ولكن المثل الأعلى هنا كما في أي مكان آخر هو الحد الأدنى من تدخل الدولة، والحد الأقصى من حرية الفرد في التعبير.

ويَصدُق الشيء نفسه على العلاقة بين التكنولوجيا والدين. حقًّا إننا للوهلة الأولى لا نرى رابطة واضحة بينهما، لقد كان الدين تقليديًّا موضوع اهتمام كبير ونشاط مُكثَّف من جانب الدولة التي اعتادت توجيه المواطنين إزاء التزاماتهم في الوقت الذي تحظر فيه أي رؤًى بديلة، ولكن جميع دول العالم الغربي تخلت تمامًا الآن عن موقف التدخل في الدين، حتى وإن وجدنا بعضها يحتفظ بما يشبه الكنيسة القومية. وأثبتت الخبرة المُرة أن التسامح هو العلاقة الوحيدة التي يمكن دعمها واستمرارها بأريحية وسعادة بين المعتقدات الدينية التي تبدو في ظاهرها متباينة. وهذا درس له دلالاته بعيدة المدى

بالنسبة للإبداعية الثقافية وللديمقراطية الليبرالية وللمجتمع التكنولوجي. علاوة على هذا فإن الدين معنيٌّ بأهداف وغايات الحياة البشرية، ومن هنا نجد تجاوبًا وثيقًا بينه وبين الأوضاع المادية التي هيَّأتها ووفَّرتها التكنولوجيا. إن التكنولوجيا يمكنها أن تحقق ثراء ماديًّا أو دمارًا ماديًّا، وهذا من شأنه أن يفرض مشكلات يتعين على جميع الأديان في عالمنا الحديث أن تنظر إليها نظرة جادة للغاية. ونعود لنقول إن هذا يقتضي بالضرورة بيئة تسودها روح التسامح الاجتماعي.

مجال آخر للتحول الثقافي العام، هو الرأي العام، وله أهمية كبرى في أي مجتمع ديمقراطي. إنه يمثل مجالًا لتوافق المشاعر بين قطاع بارز ومُهيمِن في المجتمع، ويعني ضمنًا قدرًا من المشاركة من جانب جميع أبناء المجتمع في عمليات اتخاذ القرار، وليس من الملائم على سبيل المثال الحديثُ عن رأي عامٍّ داخل دولة دكتاتورية حيث جمهرة الناس لا يستشيرهم أحد في أيٍّ من أمور السياسة العامة، وليس من الملائم كذلك الحديثُ عن رأي عامٍّ في مجتمع عاطل من وسائل الاتصال التي تصوغ الرأي العام وتعبر عنه. والمعروف أن التكنولوجيا الحديثة حين وفرت وسائل الاتصال السريعة والسهلة من خلال الكلمة المكتوبة والاتصالات اللاسلكية، فإنها أسهمت إسهامًا بارزًا في تطوير رأي عام أصيل داخل المجتمعات الغربية. واستطاعت التكنولوجيا بذلك أن تؤدي دورًا في تعاظم المؤسسات الديمقراطية، ومن ثم في دعم وتعزيز قيام مجتمع صحي بكل ما تعنيه هذه العبارة.

وحريٌّ بنا أخيرًا أن نتدبر العلاقة بين التكنولوجيا والدولة فيما يتعلق بموضوع الحرب؛ إذ إن هذا مجال له أهمية قصوى لتماسُك، بل لبقاء الدولة، وأسهمت التكنولوجيا فيه إسهامات مبرزة ومتزايدة باطراد. لقد كان هدف الدول دائمًا منذ قديم الزمان امتلاك أسلحة تَفُوق ما تملكه الدول المنافسة كمًّا وكيفًا. وسبق أن لاحظْنا كيف أن المدافع والسفن الشراعية مكَّنت الدول الأوروبية من أن تؤسس إمبراطوريات بحرية شاسعة ابتداءً من القرن السادس عشر، ورأينا أيضًا كيف أن التحسينات التالية في مجال التكنولوجيا هيأت لهذه الإمبراطوريات الأوروبية فرصة للتوسع خلال القرن التاسع عشر، ولكن سادت بين الدول القومية في أوروبا الحديثة حالةٌ من شبه التوازن التكنولوجي؛ نظرًا لأن كل دولة ناضلت من أجل أن تكون ندًّا لمنافسيها فيما يملكونه من أسلحة، بل أن تتفوق عليهم. وأفضى هذا إلى خلق حالة دائمة من سباق التسلح حتى وإن خفَّت حدة المنافسة بين حين وآخر مع نقص مشاعر العداء بين المتنافسين الرئيسيين. وتسارع سباق التسلح من ناحية أخرى مع نشوب حرب، أو بسبب الخوف من حرب وشلكة. وهنا يجب البحث عن



شكل ١٢-١: العلم، انفجار المعرفة منذ العام ١٨٠٠م.

أسلحة أضخم وأفضل حتى وصل الأمر إلى نسب كبيرة جدًّا، مما أدى إلى استهلاك القدر الأعظم من فائض ثروة المجتمعات المتورطة في الصراع. ونجد هذه العملية واضحة خلال القرن التاسع عشر، ولكنها زادت حِدَّة خلال القرن العشرين بسبب عوامل عدة.

وكان العامل الرئيسي في ذلك هو زيادة العلاقة الوثيقة بين الابتكارات التكنولوجية وأهداف الحرب أو قابلية هذه الابتكارات للتعديل والملاءمة بحيث تفي بأهداف الحرب؛

إذ وقتما كان المحرك البخاري هو القوة التكنولوجية المهيمنة لم يكن واضحًا آنذاك، وعلى مدى بضعة عقود، كيف يمكن تعديل هذا المحرك سريع العطب ليكون صالحًا لاستعمالات حربية. ويتعين في الحقيقة النظر إلى المحرك البخاري باعتباره واحدًا من أهم الابتكارات نفعًا للإنسان؛ إذ لم يكن له أكثر من دور مساعد للقوات البرية. ومن المُسلَّم به أنه أحدث أثرًا كبيرًا في الحرب البحرية؛ لأنه حول المعارك التقليدية التي كانت تدور بين سفن شراعية كثيفة التسليح، إلى اشتباكات سهلة الحركة نسبيًّا بين سفن تعمل بقوة دفع الرفَّاصات. والمعروف أن السفن التي تعمل بدولاب ذي أرياش (الرفَّاص) كانت دائمًا عرضة للأعطال بحيث لا تستهوي القوات البحرية لاتخاذها سفنًا حربية مثالية، ولكن لم يكد الرفَّاص يصبح هو الشكل الأفضل للدفع البخاري حتى حدث تحول سريع إلى السفن الحربية البخارية، كذلك مع التحول إلى التشييد بالحديد والصلب، ومع استخدام المدفعية الثقيلة المثبتة في أبراج متحركة، وتطلق القذائف المتفجرة Shells بدلًا من كرات المدفع التقليدية Cannon ball؛ بدأ التحول إلى السفينة «المدرعة»، والمدرعة طراز من سفينة مصنوعة من الصلب، وتنطلق بسرعات عالية بواسطة توربينات بخارية، ومُجهَّزة بتصفيح ثقيل وقوة نيران رهيبة. واكتملت عملية صنع المدرعة قُبَيل اندلاع الحرب العالمية الأولى، ومع اندلاع هذه الحرب كانت القوات البحرية الأوروبية الرائدة في حالة توازن قلق، ومن ثم كان كل طرف حريصًا على كشف أوراقه؛ ولهذا لم تقم القوات البحرية إلا بدور صغير في العمليات القتالية، ولكنها برزت وأكدت أهميتها فقط في حرب الغواصات، وذلك بفضل المحرك داخلي الاحتراق والكهرباء اللذين زوَّدا الغواصات بالقوة المحرِّكة.

بيد أن أهم إسهامات التكنولوجيا في حرب القرن التاسع عشر لم تكن في مجال المحركات الأساسية، بقدر ما كانت في مجال العمليات الكيميائية، خاصة استحداث وتطوير المتفجرات الشديدة؛ إذ كان بالإمكان صناعتها في أشكال مناسبة للخراطيش، مما شجع على تطوير البندقية التكرارية والمدفع الآلي، وكذلك القذائف التي تطلقها مدافع كبيرة جدًّا. ويمكن استخدام هذه المدافع في المعارك البحرية والبرية، ونجد أثر ذلك واضحًا في عمليات القصف الكاسحة التي تسبق أي تقدم محتمل لحرب الخنادق التي سحقت إقليم الفلاندرز في شمال أوروبا فيما بين العامين ١٩١٤م و١٩١٨م. وأصبح إنتاج هذه المتفجرات من أجل الاشتباكات العسكرية صناعة مهمة في جميع بلدان أوروبا، مما يبرر وصف الحرب العالمية الأولى بأنها «حرب الكيميائيين». وطَبَعي أنها كانت أكثر من ذلك، ولكن الاعتماد الكبير على الإنتاج الكيميائي كان على وجه اليقين أحد المحاور التكنولوجية لهذا النزاع.

ونجد الابتكارات المهمة الأخرى في الحرب العالمية الأولى مُستمَدة من المحرك داخلي الاحتراق، وأولها الدبابة، وهي مركبة ثقيلة مسلحة ومجهزة بحصيرتين مزنجرتين (مجنزرتين) يُمكِّنانها من اختراق الأراضي الوعرة، ثم الطائرة التي ظهرت، كما رأينا، في الوقت المناسب لملاءمتها للأعمال العسكرية، وسرعان ما هيأت مسرحًا جديدًا للعمليات القتالية، هو مسرح الحرب الجوية. واستُخدمت الطائراتُ الأكبر حجمًا طائراتٍ قاذفةً، على الرغم من أن حمولتها من القنابل كانت قليلة، وكفاءتها الهجومية الجوية محدودة جدًّا. وكان الدور الأكثر فعالية وكفاءة للطائرة هو الاستطلاع والعمل كوسيلة لتوريط تشكيلات العدو في معارك بين الطائرات المقاتلة. وعملت في هذه الأثناء أيضًا في الخطوط الخلفية الشاحناتُ والسيارات، وأسهمت إسهامات مفيدة في الحرب؛ إذ كانت عاملًا مكمِّلًا للسكك الحديدية في توفير ونقل الإمدادات والتموين والتعزيزات العسكرية، علاوة على خدمات الإسعاف. وهكذا كانت الحرب حافزًا قويًّا حثَّ على إنتاج هذه الماكينات الجديدة، ومن ثم ساعدت على خلق صناعات كبرى لتحل محل وحدات الإنتاج الأساسية الصغيرة والمتجزئة التي كانت النمطَ العادي السائد في السابق.

وإذا كان تشخيص الحرب العالمية الأولى بأنها حرب «الكيميائيين» تشخيصًا مقبولًا، فإن الحرب العالمية الثانية يمكن اعتبارها حرب «الفيزيائيين»؛ إذ بينما هيمنَ على تكنولوجيا النزاع الأول إنتاجُ المتفجرات الشديدة، فإن مسار الحرب العالمية الثانية حدَّده الرادار، وهو تقنية مسح إلكتروني حققت ميزة حيوية للسلاح الجوي الملكي في معركة بريطانيا. وأسهمت في تحديد مسار الحرب أيضًا ماكيناتُ التشفير المعقَّدة وحل الشفرات، مما هيأ للمخابرات دورًا حيويًّا، ومهَّد السبيل للحاسب أو الكمبيوتر الإلكتروني. وأخيرًا تحقق الانتصار والفوز بالحرب على ساحة الشرق الأقصى بفضل نجاح علماء الفيزياء في تطوير قنبلة ذرية خاضت المعركة الفاصلة لمصلحة الحلفاء. وهذه الابتكارات امتداد وتطوير لنظريات فيزيائية معقدة لم تكن بصعوبة معروفة قبل الحرب، وكان تحويلها إلى عتاد هندسي للاستخدام في محطات الرادار والطائرات يستلزم تخصيص موارد هائلة من رأس المال والقوة العاملة البشرية الماهرة، وأيًّا كانت حدود هيمنة هذه الابتكارات فقد كانت جزءًا من التطور التكنولوجي السريع الذي أنضجته الحرب؛ إذ نجد من بين هذه التطورات الأخرى المحرك النفاث والطائرة الهليكوبتر وأسلحة الانتقام في١ وفي٢. ونخصُّ بالذكر هذا السلاح الانتقامي الأخير، وهو القنبلة الصاروخية التي كانت نذيرًا بتطبيق تقنية ثورية جديدة، من شأنها أن تفتح حدود الفضاء خلال العقود التالية للحرب. أضف

إلى هذا تسارع إنتاج المضادات الحيوية، مثل البنسلين وتطوير المبيدات الحشرية، مثل الـ «دي دي تي» من بين سلسلة من التقنيات الجديدة الأخرى. وفي ضوء كل ما سبق يمكن اعتبار الحرب العالمية الثانية حربًا غنية جدًّا بالابتكارية التكنولوجية.

وثمة سبب مهم لثورة الابتكار التكنولوجي في الحرب العالمية الثانية، هو أن الدول المتحاربة بذلت جهدًا نشطًا في سبيل النهوض بما يُعرف باسم «البحوث والتطوير» R&D؛ ذلك أن الحرب، ولأول مرة، جعلت من الابتكار مسألة مُلِحة بالنسبة للدولة، واستطاعت الأمم — نتيجة هذا الشرط التكنولوجي — أن تتبارى في سبيل الابتكار أو الهلاك. واستشعر الحلفاء قلقًا من أن هتلر ربما كان عاكفًا على إنتاج قنبلة ذرية، وكان هذا القلق حافزًا قويًّا للعمل، ومبررًا لرصد نفقات هائلة لإنجاز مشروع مانهاتن الذي اعتمد عليه الحلفاء لإنجاز مشروعهم للتطوير الذري. ولم يكن ثمة مبرر لهذا الالتزام الشديد من جانب المستويات العليا بعد ذلك لولا الحرب الباردة بين الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي السابق، التي أرغمت القوتين العُظمَيَين على مواصلة استثماراتهما الضخمة من الموارد في مجال البحث والتطوير في مجال الأسلحة المعقدة. وهكذا تحدد الدرس الذي تعلمناه من الحرب الحديثة، وهو أن لا مَنجاة لأمة تهمل التكنولوجيا بعد ذلك، وأنه ما دامت المنافسة مستمرة على أعلى المستويات بين الأمم فسوف يظل لزامًا عليها رصد الموارد الضخمة لتطوير الأسلحة، على الرغم من كل ما يحمله هذا من آثار اقتصادية وسياسية شديدة الوطأة على المجتمع كله.

الفصل الثالث عشر

المعضلة التكنولوجية

هكذا كان أثر التكنولوجيا المروِّع حجمًا ونطاقًا في المجتمع الحديث، والذي أطلق المؤرخون لأنفسهم العنان لوصف صوره من واقع الأساطير، ولعل إحدى الصور المجازية الأثيرة هي أسطورة بروميثيوس الذي سرق النار من أرباب السماء ليعطيها هدية لبني البشر، وعوقب لتجرُّئه على السماء عقابًا أبديًّا، ولكن لم تُنتزع النار وتُسترد من البشر. ونقرأ أسطورة أخرى، هي أسطورة الملك ميداس الذي أحالت لمستُه صانعةُ الثراء كلَّ شيء إلى ذهب، وأسطورة تلميذ الساحر الذي أطلق عرَضًا قوًى من عقالها، ولم يَعُد ثمة من سبيل للتحكم فيها. وما سيف ديموقليس المُصلَت على عالم منقسم لإصدار حكم القضاء، ولا وحش فرانكشتين سوى أسطورتين أُخرَيَين ذواتَي دلالة. ونحن في هذا الفصل نستخدم صورة المعضلة ظاهرية التناقض التي يواجه فيها صاحبها — وهو هنا العالم الحديث قاطبةً — توقعاتٍ بديلةً لا سبيل إلى التوفيق بينها، ووثيقة الصلة بعضها ببعض بحيث يتعذر، إن لم نقل يستحيل، إصدار حكم فاصل لمصلحة أي منهما. وهكذا يجد الضحية نفسه محصورًا داخل قياس أَقْرن، أي: عليه أن يختار أحد اثنين، ولكنه عاجز عن التخلي عنهما معًا، وهذه هي الأزمة التكنولوجية؛ لأن التكنولوجيا هي التي تهيئ نموذج العلاقة بين بديلين ميسورين.

ويمكن أن نحدد في صيغة مُحكَمة طبيعة المعضلة التكنولوجية؛ لقد أصبح العالم الحديث معتمدًا اعتمادًا تامًّا على التكنولوجيا من نواحٍ كثيرة، أَخَصُّها أنها أضحت الوسيلة لتوليد الثروة حفاظًا على مستويات المعيشة، بيد أن هذه التكنولوجيا — في الوقت ذاته — تحمل خطر تدمير المجتمع. والمعضلة هي أن نتجنب التدمير التكنولوجي مع الحفاظ على منافع الاعتماد على التكنولوجيا. وتهيأت لنا الفرصة لملاحظة العديد من مظاهر الاعتماد على التكنولوجيا، وكذا مظاهر أخطارها في العالم الحديث، وعرضنا وصفًا وافيًا ليس

بحاجة إلى مزيد لأوجُه الرَّفاه التي تحظى بها وتكفل مستوًى عاليًا للمعيشة في الغرب، وكذا لأوجُه الصراع الرهيب المحتمل عند استخدام الأسلحة التكنولوجية المعقدة، ولكن قد يكون من المفيد — على سبيل التوضيح — أن نستعرض بإيجاز شديد طبيعة قَرنَي المعضلة التكنولوجية قبل أن نمضي في بيان ما نراه سبيلًا لحسمها.

إن خير تعبير موجز عن إحساسنا بالاعتماد المتزايد على العلم هو ما نجده عند ديريك دي سولا برايس متمثلًا في عنوان كتابه المثير «علم صغير، علم كبير». لقد انتقلنا باطراد على مدى القرنين الأخيرين من حالة كان فيها الاكتشاف العلمي والابتكار التكنولوجي ضربًا من الهواية في الأساس، ونشاطًا محدود النطاق، وإن حظي قسط كبير منهما بتشجيع الظروف الاجتماعية التي ظهَرا في كنفها؛ إلى حالة أصبحا فيها نشاطًا واسع النطاق ومنظَّمًا على مستوًى رفيع، ويحظى بموارد اجتماعية موضوعية كبيرة، وقد تخصص للعلم فيهما جيش من الخبراء المهنيين. واستعان برايس ببعض الدراسات الإحصائية البارعة ليبرهن على هذا التحول من «العلم الصغير» إلى «العلم الكبير»، واستنتج منها بعض الاستدلالات الباهرة عن دلالات التغير بالنسبة للمجتمع الحديث. ويكفينا هنا، تحقيقًا للغرض، أن نلحظ أننا شاركنا في خلق عالم تهيمن عليه تكنولوجيا «العلم الكبير»، وذلك أولًا بالاعتماد عليه من حيث وسائل الدفاع في مجتمع عالمي لا يزال مقسَّمًا بين دول قومية يناصب بعضها بعضًا عداءً لدودًا لا ينتهي. وثانيًا بالتسليم بأنها أداة دعم لا غنى عنها لمستويات المعيشة المرتفعة نسبيًّا في بلدان الغرب. وها قد أصبح الاعتماد على التكنولوجيا الآن اعتمادًا كاملًا بحيث إن الحياة إذا لم نقل لا يمكن تصورها من دونها، فإنها يقينًا ستكون حياةً تعافُها نفوسنا. ونحن نشك في أن الزيادة المطردة للسكان في العالم يمكن إعالتها من دون الاستمرار في الاعتماد بشكل أساسي على المواد والأدوات والعمليات التي هيَّأتها التكنولوجيا الحديثة.

وإذا كانت تكنولوجيا «العلم الكبير» حققت وفرة في الثروة المائية لأصحاب الحظ في الاستمتاع بها من الأمم الغربية، وضَمِنت الكفاف للغالبية الساحقة من سكان العالم المحرومين من تلك المزايا، فإنها خلقت أيضًا مشكلات تمثل تهديدًا خطيرًا لوجود مجتمعنا ذاته، وهذا هو القرن الثاني للمعضلة التكنولوجية:

أولًا: إن نجاحات التكنولوجيا في مجالَي الطب والصيدلة والمهارات المقترنة بهما هيأت الظروف التي حدث في إطارها الانفجار السكاني المذهل خلال القرن التاسع عشر، والذي لا يزال مستمرًّا حتى اليوم دون أن تخفَّ حدته. وإذا كانت التكنولوجيا وفرت

أيضًا وسائل ضبط النسل عن طريق موانع الحمل الميكانيكية والكيميائية إلا أن أثرها حتى الآن لا يزال محدودًا حيث الحاجة ماسة إليها. وعلى الرغم من أن البلدان المتقدمة استطاعت منذ زمن أن تحد بصورة ملحوظة من معدل الزيادة السكانية فيها، فإن التحيزات الثقافية والدينية الراسخة تَحُول دون تطبيق قيود مماثلة في البلدان النامية؛ الأمر الذي يحمل في طياته نُذرًا كارثية للاقتصاد العالمي.

ثانيًا: إن إمكان وَزْع أدوات الحرب التكنولوجية للتدمير الذاتي الشامل يمثل سيفًا مُصلَتًا فوق رقاب النوع البشري، منذ إلقاء أول قنبلتين ذريتين انشطاريتين على هيروشيما وناجازاكي في أغسطس ١٩٤٥م. وإن تكديس هذا النوع من القنابل ووسائل أخرى أشد تدميرًا (هي القنابل الهيدروجينية الانشطارية) داخل ترسانات الأسلحة في العالم، من شأنه أن يجعل فناء النوع البشري احتمالًا واردًا، معنى هذا أنه إن لم نضع في الحسبان المخزون الرهيب من أسلحة كيماوية وبيولوجية مثل الغازات السامة والبكتيريا القاتلة، وما يُسمى بالأسلحة «التقليدية» فإن هذا كله يزرع الخوف، ويحمل إمكانات تدمير لا رجعة فيه. وهناك الخطر الماثل نتيجة انتشار إشعاعات من محطات توليد الكهرباء التي تعمل بالقوى النووية؛ إذ لا يضمن أحد أمانًا كاملًا لها في أثناء الحرب. وهناك أيضًا الأخطار الرهيبة التي يمكن أن تقع بسبب حادث عارض في واحدة من هذه المحطات المخصصة لتوليد القوى. والمعروف أن صناعة توليد القوى النووية بدأت في الخمسينيات واعدةً بتقديم حل طويل الأمد لأزمة الطاقة حال نفاد الوقود الأُحفوري، ولكن بعد سلسلة من الحوادث المأساوية التي بلغت ذروتها فيما أصاب محطة تشيرنوبيل لتوليد القوى في روسيا اهتزت بشدة ثقةُ الناس في أمان القوى المتولدة عن الانشطار النووي، وتضاعَف القلق العام بسبب مشكلة لا تزال من دون حل، وهي البحث عن وسيلة آمنة للتخلص من النفايات النووية لهذه المحطات. ومن المشكوك فيه الآن إمكان استعادة الثقة ما لم نكتشف تقنيات ملائمة للتحكم في قوى الانشطار النووي، وهو حل لا يزال بعيدًا، وقد لا نصل إليه قبل مرور بضعة عقود، وإلى أن يتحقق هذا، فإن وجود القنابل النووية ومحطات القوى النووية يشكلان تهديدًا بتدمير البشرية وبالتلوث الإشعاعي. وإذا كانت البشرية تجاوزت هذا الخطر وبقيت على قيد الحياة نصف القرن فإن هذا لا يكفي برهانًا يقلل من احتمالات الخطر، وأنه خطر ماثل وليس بحاجة إلى دليل.

إن أخطار الانفجار السكاني والفناء النووي هما أخطر ما ورثناه عن الثورة التكنولوجية التي يتعين أن نعايشها، ولكنهما ليسا الخطرين الوحيدين؛ فثمة سلسلة

من المشكلات البيئية التي نتجت عن استخدام التكنولوجيات الجديدة منذ الحرب العالمية الثانية، وتُعتبر العالمة الأمريكية راشيل كارسون من أوائل من نبَّهوا الرأي العام إلى هذه الأخطار، وذلك في كتابها المستقبلي «الربيع الصامت» الصادر العام ١٩٦٢م. ويقدم الكتاب وصفًا حيًّا للآثار الخبيثة المترتبة على العوامل الكيميائية الجديدة التي تفسد حياة الريف والحضر. وواجهت الكاتبة إدانة واسعة من زملائها العلماء الذين اتهموها بأنها تعمل على إثارة الذعر لأنها تقول إن استخدام المبيدات الحشرية مثل «دي دي تي» دون تمييزٍ عملٌ تترتب عليه آثار عدة إلا أن يكون ذا نفع كبير، ومن ثم تهز ثقة الناس في استعمالهم لهذه المبيدات، ولكن أصبح من المُسلَّم به بعد هذا ببضع سنوات أن هذه المبيدات تُسمِّم سلسلة من الأغذية الأساسية اللازمة لبقاء العديد من صور الحياة النباتية والحيوانية، وأنها على الأرجح ضارة بالحياة البشرية أيضًا. وهكذا أصبحت راشيل كارسون رسول هداية للوعي الإيكولوجي. وبدأ على الفور فرض ضوابط صارمة على الكيماويات الخطرة التي لفتت كارسون إليها الأنظار.

وثمة سلسلة من الأخطار البيئية المقترنة بالتلوث الناجم عن حرق الوقود الأُحفوري، ولكن أصبح بالإمكان منذ الحرب العالمية الثانية التحكم فيما أحدثه الاستهلاك الكبير لإحراق الفحم في الهواء الطلق من أقذار لا يصدقها عقل، وذلك باتخاذ عدد من الإجراءات التشريعية، مثل قوانين الهواء النظيف البريطانية، وحثِّ الناس على استخدام الوقود الزيتي والكهرباء بدلًا من الفحم، ولكن المشكلة أخذت شكلًا عامًّا ومطردًا، وهو ما تجلى واضحًا باعتراف علماء البيئة في الربط بين انبعاثات الكبريت من المحطات الكبرى لتوليد الطاقة باستخدام الفحم أو الزيت، وبين المطر الحمضي (الذي يفسد الغابات، ويؤدي إلى استنزاف سلالات السمك في الأنهار والبحيرات). وهناك احتمال بوجود علاقة إيكولوجية مماثلة بين عوادم السيارات وبعض عناصر الحياة النباتية؛ إذ تُسبِّب العوادم ذبولًا تدريجيًّا للكساء النباتي في الغابات المجاورة، ولكن آلية هذه الظاهرة أكثر غموضًا من ظاهرة المطر الحمضي، ولكن الشيء اليقيني أن تركُّزات الرصاص في الغلاف الغازي المحيط بالمناطق القريبة من طرق السيارات وغيرها من طرق النقل البري الكثيف تشكل خطرًا يَتهدَّد الصحةَ العامة، وأدى هذا إلى التعجيل باستخدام البترول الخالي من الرصاص. وأصبح واضحًا بناء على شواهد كثيرة أن تكنولوجيات النقل وتوليد القوى تَنتُج عنها كمياتٌ كبيرة من الملوثات الضارة حتى بعد القضاء على الدخان الأسود وآثاره الضارة.

ولكن الشيء الأكثر مدعاةً للتشاؤم هو تلك الرابطة التي تأكدت بين انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إحراق الوقود الأُحفوري وبين ما بات يُعرف باسم «الاحترار الأرضي»

أو «الاحتباس الحراري». ويبدو أن قرنين من الاستهلاك الكثيف للفحم والخُث والوقود الزيتي أَدَّيا بالفعل إلى زيادة قدرة الغلاف الغازي على الاحتفاظ بالحرارة التي تصله من الشمس، ومن هنا جاء الوصف المجازي بكلمة «الدفيئة» أو «الصوبة». وتألفت هذه الظاهرة بفعل عديد من الآثار الجانبية الإيكولوجية المختلفة، والتي تمثلت في استنفاد طبقة الأوزون المحيطة بالأرض الناجم عن انطلاق غازات الكلورو فلورو كربون — وهي غازات ذات أساس كلوريدي (ملح حمض كلوريدريك) — ومستخدمة في أجهزة التبريد (الثلاجات)، كما تستخدم قوة ضغط داخل علب رش دهانات الشعر. وحدد العلماء حديثًا جدًّا ثقوبًا واسعة في طبقة الأوزون تسمح بنفاذ قدر أكبر من الأشعة فوق البنفسجية الضارة إلى سطح الأرض. ويبدو جليًّا أن نتيجة هذا كله زيادة ملحوظة في إجمال درجة الحرارة، مما سيكون له آثاره الخطرة في التغيرات المناخية وفي درجة خصوبة الأرض، وفي الإنتاجية الزراعية، وفي كل ما هو مرتكز عليها. وثمة نتائج أخرى تثير القلق، منها احتمال أن يسهم الاحترار المزمن في ذوبان الغطاء الجليدي القطبي، وهو ما من شأنه أن يرفع مستوى مياه البحر، ويشكل خطرًا على كل الأماكن المأهولة الآن قرب شواطئ البحار.

وهكذا يتبين أن العواقب البيئية للتطور التكنولوجي شديدة الخطر. ونظرًا لأن أكثر هذه المشكلات لم تُحدَّد إلا أخيرًا فقط، ولم يتسنَّ بعدُ استنتاجها بالكامل فإنها تصادف بعض المقاومة من جانب الرأي العالمي لكي يبادر بمعالجتها. وكم هو يسير على المرء أن يُلقِي باللوم على الآخرين دون أن يعترف بمسئوليته هو عما يقع من آثام! ولقد بدأت الأمم المتقدمة في بحث هذه المشكلات على أعلى المستويات السياسية ودلالاتها بالنسبة للسياسة العامة، غير أن البلدان النامية تؤرقها تمامًا مشكلات أخرى أكثر أساسية، وهي مشكلات إطعام الأعداد المتزايدة من الأفواه، وسداد فوائد الديون التي اقترضتْها من بنوك الغرب، وهذا ما يجعلها لا تُولِي اهتمامًا كبيرًا لمشكلات التوازن الإيكولوجي إذ تراها أقل إلحاحًا؛ ولهذا راقب العالم المتقدم بقلق متزايد البرازيل وهي تحرق غاباتها الاستوائية، مُدركًا أن هذه الغابات تؤدي دورًا لا يقوم به غيرها للحفاظ على الأكسجين في الغلاف الجوي، وتلطيف حِدة التغيرات المناخية، ولكن المسألة من وجهة نظر الفلاح البرازيلي الذي يعول أسرة كبيرة مسئول عن إعاشتها — وربما يستعين في ذلك بقروض من مصارف غربية — أن قطعة الأرض التي ينتزعها من الغابة تكفل له الوعد بتوفير أسباب العيش، ومن ثم يستمر في إحراق الغابة. ولَحَظ العالم البريطاني جيمس لا فلوك أن الغلاف الغازي

المحيط بالأرض له قدرة كبيرة على أن يصحح تلقائيًّا أي اضطرابات في توازن الغازات الموجودة في الغلاف الجوي، والمواد الموجودة في البحار، وأطلق على آلية التصحيح الذاتي هذه اسم «جايا Gaia»، وهو الاسم اليوناني الذي يعني «أُمنا الأرض»، ولكن شواهد التطور التكنولوجي الحديث توضح أننا نحمِّل هذه القدرة فوق طاقتها، وبات واضحًا أن النوع البشري — عن وعي أو عن حمق — يستخدم الأدوات التي يسَّرتها له التكنولوجيا لانتهاك «جايا» أُمنا الأرض.

ويبدو أن الإنسان الحديث باعتماده على التكنولوجيا من ناحية، ومعايشته من ناحية أخرى لمجموعة من الأخطار التي تَتهدَّده بسبب استعمال أو إساءة استعمال هذه التكنولوجيا بات محصورًا بين شِقَّي الرَّحى. واشتد عليه الحصار إزاء قَرنَي المعضلة التكنولوجية. ولا تشير علينا دروس التاريخ الحديث برأي واضح بشأن قدرة الناس أو إرادتهم الْتِماسًا للخلاص من هذه المعضلة، ولكن يجدر بنا أن ندرس دراسة فاحصة المعلومات المتاحة لعلنا نصل إلى تقييم للموقف؛ فالملاحظ أن آراء بعض المعلقين ذوي الحصافة والحنكة لا تبعث على التشجيع. مثال ذلك ما ذهب إليه «إتش جي ويلز»، وهو أحد الكُتاب الرُّواد في مجال الخيال العلمي؛ إذ قدَّم بعض التكهنات الرشيدة ولكنها مفزعة عن التطورات المحتملة، ورأى الناس في ويلز رسولًا مبشرًا بمجتمع طوباوي، أو لنَقُل مدينة فاضلة جديدة على أساس من العلم والتكنولوجيا، ولكن الفيلم الذي يصور قصته «أشكال الأشياء مستقبلًا» صوَّر لنا العالم في الأربعينيات وقد عمَّته حرب مروِّعة، ودَهَمته الأوبئة. وامتد العمر بويلز حتى أفاق من وهمه تمامًا بشأن فكرة التقدم حين ألَّف كتابه «العقل عند نهاية حدوده» مع نهاية الحرب العالمية الثانية. وعرض ألدوس هكسلي أيضًا بعض التنبؤات المتشائمة عن تطورات المستقبل، وذلك في كتابه «عالم جديد شجاع»، والذي يصور عالمًا تسوده تمييزات اجتماعية صارمة بناءً على فوارق بيولوجية من صنع الهندسة الوراثية. وها هو جاك إيلول وريث حركة المقاومة الفرنسية في الحرب العالمية الثانية يطرح بدوره نظرة سوداوية في كتابه «المجتمع التكنولوجي» الصادر في الخمسينيات، وذهب إيلول إلى أن المجتمع التكنولوجي قوة ماحقة تقمع الشخصية تحت ضغوط بيروقراطية مركزية، أو كما عبَّر عن هذا في جملة واحدة: «سيكون الإنسان مُدجَّنًا طيِّعًا شأن سروال تحت مكواة.» وكشف إيلول عن بصيص أمل للبشرية من حيث إمكان بعث للنظرة الروحية. ولكن جورج أورويل في روايته «العالم العام ١٩٨٤م» الصادرة العام ١٩٤٩م فإنه لا يقدِّم أي بصيص من الأمل في ظل كابوس جاثم، حيث تعاني

البشرية وإلى الأبد من نُظم حكم استبدادية تملك تحت إِمْرتها وسائل قهر تكنولوجية. ويستقرئ أورويل حال نظم الحكم الشمولية خلال الحرب العالمية الثانية وما بعدها فلا يرى سوى «الأخ الأكبر» الذي يستأثر بكل المزايا التكنولوجية فيسحق كل مظاهر الفردية البشرية ... إلى الأبد.

وأعرب كُتاب كثيرون أقل شأنًا عن نظرة مماثلة في تشاؤمها إزاء قوة القهر التي توفرها التكنولوجيا، وذهب بعضهم بنظرته إلى أقصى مدًى، إلى حد إنكار أي إمكان لممارسة نفوذ بشري على مسار الهيمنة التكنولوجية المحدد مسبقًا. حقًّا إن مثل هذه الجبرية التكنولوجية الكاملة نادرة، ولكن حريٌّ بنا ألا نغفلها تمامًا؛ إذ من الضروري، على أقل تقدير، الاعتراف بوجود ما سماه توم هوغيس «قوة الدفع التكنولوجية»، وهي مَيل مغروس في طبيعة أي نظام تكنولوجي صناعةً كان أم شبكة قوًى أم نظام دفاع قومي، لكي يطَّرد في الاتجاه المُبرمَج له في نهاية المطاف، والذي يمكن أحيانًا أن ينحرف عنه فقط بصعوبة كبيرة. وعلى الرغم من أن هذه النظرة تنطوي على قدر من الحتمية، فإنها ليست حتمية تكنولوجية؛ نظرًا لأنها تفترض وجود مهندس معماري أو مُبرمِج قرر مسبقًا ما عسى أن ينجزه البرنامج، ومن الذي يحتفظ ببعض السلطات لتوجيه أو ضبط هذه العملية. والخلاصة أننا عدنا بذلك إلى التكنولوجيا باعتبارها طائفة من الأدوات بين أيدي البشر يُحسِنون أو يسيئون استخدامها. ونظرًا لأن هذه الأدوات أصبحت منظومات شديدة التعقيد فقد أصبحت السيطرة عليها أكثر صعوبة، كما أصبح إمكان إساءة استعمالها أشد خطرًا مما كانت عليه الحال بالنسبة للأدوات الأبسط، وإن ظلت الطبيعة الجوهرية للعلاقة واحدة. ولا تزال المبادرة الإبداعية خاصية بشرية، والأمر موكول للبشر أن تكون لهم السيطرة على الأدوات التي ملك أيديهم، وليس على البشر إلا أن يعرفوا وجهتهم وهدفهم حتى يتسنَّى لهم السيطرة بكفاءة وفعالية. إن رؤية بيكون عن سيطرة الإنسان على الطبيعة تَحقَّق قدر كبير منها بالوسائل التكنولوجية، ولكن البشر بحاجة الآن إلى التفكير فيما يريدون إنجازه بها.

هناك إذن استجابة أكثر إيجابية إزاء المعضلة التكنولوجية، وهي أن أسوأ مراتب المعضلة يمكن تجنبها بفضل السيطرة المُحكَمة على النُّظم المعقدة للمجتمع التكنولوجي وتوجيهها. وحيث إن البدائل غير مقبولة منا فإن من الحمق تبديد هذا الإمكان. وإن عددًا من الخبرات التاريخية والمعاصرة تهيئ أسبابًا للأمل في الالتزام بهذا النهج، وذلك لأسباب عدة؛ أولًا: بات واضحًا في ضوء الماضي أن قرارات الأفراد كانت مهمة وفعَّالة في

عمليات الثورة التكنولوجية. حقًّا لقد نبعت هذه القرارات من خلال سلسلة كبيرة من الدوافع، ولم يكن لأغلبها سوى وزن ضئيل. وظل الخيار دائمًا محدودًا بالنسبة للملايين؛ الضغوط الشرسة للمجاعة، والالتزام بنظام المصنع، والعبودية الأجيرة، علاوة على مظاهر القهر السياسي بشكل أكثر سفورًا، كل هذا حرم الملايين من التمتع بقدر من الحرية ذي بال في هذا المجال. وإن أصحاب القرارات الرئيسية والابتكارات في القرنَين الثامن عشر والتاسع عشر إنما فعلوا ما فعلوه بتأثير مزيج من الدوافع المختلفة، من بينها الكسب المالي، وحب السلطة، والرغبة في تحسين أوضاع جمهرة البشر، ولكن لا يقلل من أثر وشأن هذه القرارات حقيقةُ أن نتائجها لم تكن أبدًا على نحو ما قصد إليه أصحابها. وتظل هذه الشهادات مؤشرًا مهمًّا على قدرة الأفراد على التأثير في مسار الأحداث.

ولكن أيًّا كان الدافع المهيمن في حالة بذاتها فإن القرارات الأكثر فعالية هي تلك التي اتخذها التجار وأرباب الصناعات والساسة ورجال الإدارة، الذين توافر لديهم حس قوي بالانضباط الذاتي الذي تمتد جذوره في الغالب إلى عقيدة نابعة من دوافع وأهداف واضحة، ومن عزم وحسم على الإفادة الكاملة بالإمكانات التبشيرية المميزة لمختلف تيارات تراث البشرية. وبعث هذا الضرب من التفكير الصادق العزيمة لدى المجتمعات الرهبانية التي طورت الزراعة والصناعة في براري أوروبا في العصر الوسيط، وهيأت القوة الدافعة لمنظمي المشروعات في باكورة مرحلة التصنيع لكي ينذروا أنفسهم للعمل الشاق دون انتظار لجزاء سريع عن عملهم، ولكن أصبح هذا الالتزام، حين ارتبط بالعقائدية الجامدة والتعصب، مسئولًا عن بعض نُظم الحكم الاستبدادية البشعة، وعن إساءة استخدام السلطة، ولكنه في صورته الإبداعية استطاع أن يحوِّل المجتمع ويصوغه صياغة جديدة. ولعل من المهم أن ندرك أن قوة الحفز الآن أضعف مما كانت عليه في المراحل الأولى للتصنيع. وإذا عبَّرنا عن ذلك بلغة تنطوي على تبسيط لا يخلو من خطر، نقول: هناك الآن استعداد أقل للتضحية في سبيل مكاسب مستقبلية، أو لإعادة توظيف الأرباح، أو للتفكير في موضوعات بعيدة المدى؛ إيثارًا لمظاهر الراحة على المدى القصير. وإذا صادف هذا التحليل بعض الصواب فإنه يعزز الدعوى لدعم وتقوية عامل الحفز البشري ليكون بمنزلة الخطوة الأولى على الطريق لضمان سيطرة صحيحة وسليمة على مسار التطور التكنولوجي.

ومع التسليم بالأهمية القصوى لهذا العامل الدافعي في سبيل ضمان السيطرة على التطور التكنولوجي، هناك أيضًا شواهد أخرى كثيرة على أن استجابة المجتمع الحديث

إزاء المعضلة التكنولوجية لم تكن مجرد استجابة سلبية استسلامية. ويدور جدل بين جمهرة المفكرين عن الحتمية في مجال النظرية، أما في النطاق العملي فقد توافرت لنا مجموعة من القواعد لتوجيه التكنولوجيا. وسبق أن رصدنا نجاح الوعي الإيكولوجي في توفير جهاز للإنذار المبكر في هذا الصدد. وبدَّد الباحثون قدرًا كبيرًا من التفكير، خصوصًا في الأدب الأمريكي، بشأن «تقييم التكنولوجيا» كأداة للتحكم في تشغيل التكنولوجيا. وتقييم التكنولوجيا تقنية خاصة بالتحليل الدقيق عن كَثَب للأحداث التاريخية التي تمثِّل سوابق محتملة للمشكلات العصرية. والمعروف أن دافيد كولنجريد قارن بين جهلنا الراهن بمستقبل الصناعة الإلكترونية الدقيقة والوضع في مُستهَل القرن إزاء السيارة عندما رأت لجنة ملكية بريطانية العام ١٩٠٨م أن أخطر مشكلات هذه التكنولوجيا الوليدة هو ما تثيره من غبار الطرق غير المغطاة بطبقة من «الأسفلت». وهكذا كانت العواقب الاجتماعية أكثر عمقًا والمترتبة على السيارة خارج نطاق التنبؤ الموثوق به. ولا يرى كولنجريد أملًا كبيرًا في زيادة قدرتنا على التنبؤ زيادة مهمة، ومن ثم ينتقد محاولة أنصار تقييم التكنولوجيا حين يتطلعون إلى تحقيق مرادهم، ولكن حريٌّ بنا ألا نتخلى عن التعلم من الخبرات التاريخية فنطرحها جانبًا وكأن لا قيمة لها؛ إذ إن الأمل في الإفادة بها لاستصدار أحكام أكثر نضجًا لا يزال أملًا واعدًا بشكل حقيقي.

وثمة عبارتان، هما «التكنولوجيا البديلة» و«التكنولوجيا الملائمة»، تعبِّران عن جهود أخرى تهدف إلى توفير قدر من السيطرة على التطور التكنولوجي. وتُعنَى التكنولوجيا البديلة بوضع تصور لسُبل تجنب الاعتماد على الوقود الأُحفوري وغيره من المواد غير المتجددة، مثل المعادن النادرة، وذلك باستحداث تقنيات وماكينات بديلة. وتهدف التكنولوجيا الملائمة إلى إشاعة التقنيات الملائمة لتنتشر مع تطبيقاتها بين المجتمعات الريفية الصغيرة، ومن هذه التقنيات المحراث المتطور، والمعدات الآلية التي تجرها دراجة، والسواقي الصغيرة لاستعمالها بالنسبة لمجاري المياه الجبلية سريعة الدفق. وأبرز الداعين إلى هذا «إي شوماخار» الذي صكَّ عبارة «كل صغير جميل» لتكون عنوانًا لكتابه الرائد في هذا الصدد. ويؤمن شوماخار بوجهة نظر، مُؤدَّاها أن التكنولوجيا الغربية في سبيلها إلى أن تصبح عملاقًا هائلًا من حيث تأكيدها على الحجم والفعالية، وأن المشروعات الصناعية العملاقة التي من هذا النموذج ليس لها سوى علاقة ضئيلة جدًّا بحاجات المجتمعات الريفية في البلدان النامية، مثل الهند. ودعا إلى إبداله بمشروعات صغيرة كثيرة تلائم المجتمعات الريفية الصغيرة المحدودة، واستخدام التكنولوجيا ذات النطاق الصغير أو

«المتوسطة». وراجت آراؤه على نطاق واسع بحيث ترى أن هناك أملًا حقيقيًّا في إمكان توفير درجة من التحكم في التكنولوجيا الجديدة مع دخولها إلى البلدان النامية.

ومن المشكوك فيه أن أيًّا من آليات التحكم هذه التي تهدف إلى تحديد وجهة المجتمع التكنولوجي يمكن أن تُحدِث أثرًا يتجاوز حدود الأثر السطحي في النُّظم التكنولوجية الكبرى التي لها الهيمنة على العالم، وأن محاولات نادي روما في السبعينيات لاستخدام الكمبيوتر لعمل تحليلات تفيد في التنبؤ بمستقبل التطورات التكنولوجية واجهت انتقادات من بحوث مختلفة. وثبت أن هذه التنبؤات إنما حددها أساسًا البرنامج الذي غُذِّي به الكمبيوتر في البداية. وأدى الاعتراف بقابلية الخطأ لمثل هذه الطريقة في التحكم إلى فقدان قدر من الثقة في طرق أخرى. ويعود بنا هذا من جديد إلى أهمية العامل الإنساني ليكون قوة حفز فعَّالة من أجل السيطرة. لقد حققت البشرية هيمنتها على الطبيعة من خلال التكنولوجيا، إذن ما الهدف الذي نريد أن نحققه باستخدامنا لها؟ تحاشي تدمير الذات، واستقرار الوضع السكاني، والمساواة في الثروة بين الأمم، وفي السعي من أجل المعرفة، وإن بَذْل جهد محدد لإنجاز هذه الأهداف سوف يمضي بنا على الطريق المؤدي إلى حسم مشكلة المعضلة التكنولوجية.

ويتعيَّن أن يكون لهدف تحاشي تدمير أنفسنا الأولويةُ القصوى على قائمة الأهداف الأخرى؛ إذ من دونه ستصبح الأهداف الأخرى غير ذات موضوع. وطَبَعي أن تجنُّب حرب كارثية مدمرة هو في جوهره مشكلة سياسية، ولكن حلها يفترض توافر سيطرة فعَّالة على تلك النُّظم التكنولوجية التي تمثلها الدفاعات القومية والقدرات التنافسية على صنع أسلحة الانتقام النووية. وإن الضمان الوحيد، في نهاية المطاف، لتحقيق أمن نسبي بالقدر الذي نبتغيه إنسانيًّا هو إقامة مجتمع عالمي لا يرى فقط أن فكرة شنِّ هجوم عسكري من دولة ضد أخرى أمر غير ضروري، بل مستحيل عمليًّا؛ لأن الوسائل التكنولوجية اللازمة لشنِّ مثل هذا الهجوم تخضع لسلطة سياسية مهيمنة، ولها الكلمة النافذة. وسوف يلزم أن يكون مثل هذا المجتمع تنظيمًا دوليًّا أكبر حجمًا وأكثر تعقُّدًا من أي تنظيم عرفناه حتى الآن، ولكن يظل المبرر والنتيجة المنطقية لأي قرار هما تجنُّب تدمير أنفسنا، وذلك بضمان السيطرة على التكنولوجيا والتحكم فيها؛ إذ إننا إذا ما شئنا البقاء على قيد الحياة كمجتمع عالمي فلا بد أن يتحقق الآن، قبل الغد، تنظيمٌ دولي عالمي قادر على تحمل هذه المسئولية.

وعندما نُقِر ونُسلِّم بالهياكل السياسية للبقاء على قيد الحياة في ظل حضارة تكنولوجية سوف يصبح بالإمكان استخدام موارد العالم بطريقة أكفأ وأكثر فعالية مما هو حادث الآن، في سبيل حسم الجوانب الأخرى من المعضلة التكنولوجية، وسوف نحسم على وجه الخصوص تلك الجوانب الداعية إلى فرض ضوابط اجتماعية واقتصادية من أجل اتخاذ التدابير اللازمة لاستقرار الوضع السكاني، والمساواة في الثروات بين الأمم. وهذه أهداف سياسية أكثر منها تكنولوجية، ولكن نعود لنقول إن التكنولوجيا تهيئ الكثير من الأدوات التي تيسِّر لنا تلك الأهداف إذا ما توافر الحافز إلى ذلك. إن المشكلة مروِّعة، وتقتضي استخدام موارد هائلة مع الالتزام الدائم، وتقتضي أيضًا إدخال تعديلات جوهرية سريعة على العادات والأعراف البشرية، التي لا تزال تركِّز في كثير من بلدان العالم النامي على تكوين عائلات غير محدودة العدد، وعلى التمييز العرقي أو التمييز على أساس الثروات. ونحن نغالي كثيرًا إذا ما توقعنا من جميع البلدان النامية أن تفرض سياسة شديدة القسوة على نفسها من أجل تحديد عدد أفراد الأُسر على نحو ما فعلت الصين حين قررت ألا يزيد عدد الأبناء عن واحد فقط. ويكفي أن ندرك أنه لا يزال أمامنا عشرون عامًا قبل أن يحدث انخفاض مهم في معدل الزيادة السكانية في بلد يبلغ تعداده ربع سكان العالم. وبالمثل سيكون من المستحيل أيضًا أن نطبِّق بين يوم وليلة سياسات تحطم الحواجز الطبقية والعرقية عن طريق فرض تدابير تقضي بالمساواة الاجتماعية، وتمحو مظاهر اختلال التوازن بين الدول الغنية والدول الفقيرة في العالم؛ إذ إن مثل هذا الالتزام يقتضي توافر قوة حفْز مجتمعية فريدة.

وهكذا، فإن تحديد الإجراءات اللازمة للإفلات من ورطة المعضلة التكنولوجية يكشف عن قسوة وفداحة المشكلات التي تواجه الحضارة الحديثة، ولكن من المُجدي أن نتحايل على هذه القضايا؛ فهذه المشكلات إنما هي وليدة الثورة التكنولوجية. وها نحن الآن في نهاية القرن العشرين نقف عاجزين عن تجنب بذل الجهد، والمحاولة من أجل حسمها؛ لأن البديل عن حسمها قاتم كئيب. ولعل دراستنا تفيد ضمنًا أن الحلول ميسورة، وأننا بهذه الروح المتفائلة بوسعنا التصدي لهذه المشكلات جميعها. ولنا أن نقول بمعنًى من المعاني إن العامل الحاسم نستمده من بين نسيج النظام التكنولوجي. وهذا هو الحافز المُستمَد من حرصنا على الْتِماس المعرفة؛ فهي الباعث والمنهل الرئيسي للاكتشاف العلمي والابتكار التكنولوجي. إن هذا الهدف إذا ما سمَوْنا به إلى مستوى الرسالة الإنسانية لاكتشاف الكون؛ سوف يمثل المفتاح الذي يهيئ لنا كل إمكانات البقاء. وهذا هو موضوع الفصل الختامي من كتابنا.

الفصل الرابع عشر

الطريق إلى النجوم

فكرة التقدم لم تَعُد ذائعة في القرن العشرين مثلما كانت في القرن السابق؛ إذ راج حتى سنوات الحرب العالمية الأولى افتراضٌ بأن العالم يسير قُدمًا وباطراد نحو عالم أفضل. وأصبحت فكرة التقدم المادي والمعنوي على طريق الوصول إلى مستوًى أرقى من الإنجازات البشرية؛ من المُسلَّمات إزاء النجاحات العدة في مجال التصنيع لزيادة الإنتاجية، وارتفاع مستوى المعيشة في ارتباط بمظاهر التقدم في الديمقراطية الليبرالية، والشعور بالنشوة إزاء التوسع عندما أكدت الدول الأوروبية وشمال أمريكا تفوقها التكنولوجي على البلدان الأقل تقدمًا. وتجلَّت فكرة التقدم في عبارات كثيرة تضمَّنتها الثقافة الأدبية للقرن التاسع عشر، وعزَّزها تبنِّي العلم لنظرية التطور كبرهان مقنع يقدم لنا الدليل والحُجة. وأصبح بالإمكان التعبير بصورة مقنعة عن التاريخ البشري في ضوء الداروينية الاجتماعية التي تقرر أن البقاء للأصلح، أي للأفضل؛ لأنه استطاع أن ينجح في صراعات الحياة، ومن ثم يمتد به البقاء. والحقيقة أن هذا لم يكن بالدقة هو المعنى الذي قصد إليه العالِم الحَذِر والمدقق شارلز داروين، ولكنه معنًى غير ذي صلة بالموضوع؛ ذلك أن نظريته عن التطور عبر الانتخاب الطبيعي تُشكِّل تعبيرًا مجازيًّا عن حتمية التقدم البشري. ووجد الرأي العالم الغربي في فكرة التقدم ما يرضيه فكريًّا. وأكثر من هذا أن مذهب المادية التاريخية الدينامية الذي قال به كارل ماركس تتردد فيه الكثير من أصداء هذا الافتراض العام عن حتمية التقدم.

ولكن هذه النزعة التفاؤلية انصبَّت عليها لعنة أهوال حرب الخنادق في الحرب العالمية الأولى، وأكدت الخسائر الجسيمة في الأرواح، وعبثية الصراع أن التقدم لم يَعُد شيئًا نأخذه مأخذ التسليم. وشهد العالم عقب ذلك معاناة تمثلت في نُظم الحكم الشمولي الشيطانية، ومحارق النازية ضد شعوب بريئة في أثناء الحرب العالمية الثانية. وواجه العالم منذ العام

١٩٤٥م خطر الإبادة النووية، وأدى كل هذا إلى الجزم بالموقف الساخر من فكرة التقدم، وبدا واضحًا أن النوع البشري تخلى عن ترف الاعتقاد بالتفوق المعنوي الذي لا يقبل التحدي إزاء أشكال الحياة الأخرى، وإنما يبدو — على الأصح — نوعًا مغايرًا للآخرين، وقادرًا على القتل والتدمير بغية اللذة في التدمير. وأُسقطت تلك العظات المعنوية الرفيعة التي ترددت في بلاغة خطاب الزعماء الدينيين والسياسيين خلال القرن التاسع عشر، حين تحدثوا عن «رسالة الرجل الأبيض»، وعن الخصائص الحضارية المميزة للثقافة الغربية؛ إذ لم يَعُد ممكنًا الآن الاعتقاد بأن كل الأمور سوف تتآزر بالضرورة للعمل معًا من أجل خير ومصلحة البشرية.

ومع هذا كله، فإن فكرة التقدم تتضمن ما يستحق أن نستخلصه ونستردُّه ثانيةً. وعلى الرغم من الأحداث المفجعة التي شهدها القرن العشرون، وجعلت البشرية تفيق من أوهام مثل الظن بقابلية البشر بلوغ حد الكمال المعنوي والأخلاقي، فإن هناك الكثير من الإنجازات المادية المثيرة التي تُمثِّل نوعًا من التقدم، فنحن لا نستطيع أن ننكر أهمية الإنجازات المادية التي تحققت حتى الآن، وكفلت زيادة الإنتاجية بفضل النجاحات الأولى لعملية التصنيع، وأسهمت على نطاق واسع في تحسُّن نوعية الحياة للغالبية من أبناء المجتمعات الغربية. حقًّا إنها تمثل تقدمًا حيويًّا للغاية من حيث قدرة الناس على صنع وعمل أشياء كثيرة، وتُثبِت بحكم وضعها هذا أن ظروف الثورة التكنولوجية لا تزال نشطة وفاعلة إلى أبعد الحدود، أو بعبارة أخرى إن أدوات التكنولوجيا ميسورة اليوم أكثر من أي وقت مضى لكي تتمكن المجتمعات البشرية بفضلها من أن تعالج مشكلات الفقر المتوطِّنة، ونقص إنتاج الغذاء، والمظالم الاجتماعية وما شابه ذلك. وكما سبق أن لاحظنا، فإن من طبيعة المعضلة التكنولوجية أن تجعل التكنولوجيا نفسها شرطًا لا غنى عنه، بينما تفرض في الوقت ذاته أشد الأخطار على الوجود البشري ذاته، ولكن اطراد التقدم التكنولوجي هيَّأ على أقل تقدير إمكان التخلص من عواقب المعضلة. ونعود لنقول إن المسألة هي أولًا وأساسًا وَقْف على الابتكار الإنساني؛ ابتكار الحلول لحسم مسألة ما إذا كان الجيل الراهن من أبناء البشر قادرًا على الاستجابة للتحدي من واقع الالتزام بمسئولية رسالة يؤديها؛ لذلك فإن التقدم، وإن كان حقيقةً وقعة في ضوء الوجود المادي، فإنه واقع متحيِّز مُغرِض، ويقتضي التزامًا بشريًّا نشطًا لكي يغدو التزامًا فعالًا بعامة وللجميع.

وحرصنا طوال صفحات هذا الكتاب على استكشاف عمليات الثورة التكنولوجية التي أَفْضت إلى تحول المجتمعات الأوروبية بصورة مطردة خلال القرون الأخيرة. وكان التحول مظهرًا من مظاهر تحول الثورة التكنولوجية، بمعنى أن الحافز العام والمستمر للتغيير كان دائمًا الدمج التكنولوجي بين الاكتشاف العلمي والابتكار التقني. وليس هذا إنكارًا لوجود قوًى اجتماعية أخرى قوية ومؤثرة، مثل الضغط الشعبي والصراع الطبقي، والنزعة القومية التي تؤكد هي الأخرى على التكنولوجيا، ولكن المعنى الذي قصدناه يتضمن النظر إلى تطور العالم الحديث بأسلوب خاص مميز، من شأنه أن يعطينا تفسيرًا لنمط هذه التطورات، ويكون مقنعًا أكثر من أساليب المعالجات التاريخية التقليدية.

وتجلَّت هذه الخاصية الفريدة للموقف الراهن مع كل مرحلة من مراحل دراستنا التحليلية؛ إذ لا نجد على الإطلاق قبل ذلك وصفًا لشروط المعضلة التكنولوجية على النحو الموجود في الفصل الأخير. والمعروف أن المجتمع البشري بعد آلاف السنين من التطور حقق في القرن العشرين درجة غير مسبوقة من الاعتماد على التكنولوجيا، وتوافرت له قدرة غير عادية لتدمير نفسه. وهذا وضع فريد بالنسبة للحضارة الغربية؛ ذلك لأنه لم يحدث قط أن تهيأت في السابق لعمليات الثورة التكنولوجية في أي مجتمع بشري قدرةٌ على التأثير الشامل على نحو ما هو حادث الآن. ونحن لا نجد مجتمعًا آخر تهيأت له السيادة على عمليات التصنيع بمثل هذه الصورة لإنتاج الثروات الضخمة. ولا نجد أي سوابق تاريخية لإنجازات الغرب في مجالَي النقل والاتصالات. وإن تسليمنا في القرن العشرين بواقع تسهيلات الطيران والسفر عبر الفضاء، والاتصالات الفورية بين كل أنحاء العالم، إنما هو دليل على أننا إزاء خبرة معاصرة تتصف بالجِدَّة المذهلة، وتؤكد الحاجة إلى توخي الحذر الشديد عندما نستخلص منها دروسًا تاريخية أو نبني عليها توقعاتنا. لقد دخل العلم ساحات بحث جديدة عن النفس والعقل، مثلما دخل ساحات جديدة تتعلق بالأوضاع المادية، ومن ثم لم يَعُد صوابًا الآن الكثيرُ من الأسس التقليدية التي نَركَن إليها عند إصدار حكم تاريخي، كأن نبحث عن سوابق ملائمة. وهذا لا ينفي إمكان استمرار عدد من المُحدَّدات المعروفة لنا.

وتأتَّى لنا أن نضع حدودًا واضحة ومميزة لدراستنا؛ نظرًا لأن الثورة التكنولوجية حدثت في مجتمع بذاته، وعلى فترة زمنية معروفة، ولكن لا تزال المنطقةُ التي شملتها الثورة والدراسة شاسعةً، لذلك لا نجد معنًى للقول إنها دراسة شاملة وافية، وإنما هي على الأصح تخطيط أو مسح عام في محاولة لإبراز القَسَمات الرئيسية، ومحاولة استبيان العلاقات بينها. ولا ريب في أن هذه المعالجة يشوبها بعض النقص، وهذا بديهي ليس

بحاجة إلى بيان، ولكن من الأهمية بمكان في ضوء ظروفنا أن نحدد الطبيعة العامة للمشهد، فهذا أهم الآن من قضاء وقت طويل مع التفاصيل. وإذا لم نخرج بنمط واضح من الدراسة فقد تيسر لنا على أقل تقدير عدد من الأفكار الأساسية والغالبة التي تشير علينا بالنهج الذي نَستنُّه عند التأويل. وهكذا عمدنا في استطلاعنا إلى بيان الجوانب الرئيسية للتطور التكنولوجي — مصادر القوة، واستخدام هذه القوة المحركة وصولًا إلى الصناعة التحويلية، والنقل والاتصالات والمرافق، وأثر التحول التكنولوجي في الناس كجماعات وأفراد — وتهيأت لنا مرارًا، بصدد هذا الاستطلاع، مناسبات لرصد العلاقة الوثيقة بين التحول التكنولوجي والظروف الاجتماعية التي أحاطت به.

وعمدنا بوجه خاص إلى التأكيد على أهمية توافر بيئة قابلة للابتكار التكنولوجي، وحددنا خصائص هذه البيئة، وقلنا إنها تتألف من «حزمة» أو «توليفة» وعلى أساس نسبي من الليبرالية والتسامح وتشجيع الفردية. وأكدنا على أن لحظة الابتكار التكنولوجي هي في جوهرها لحظة إبداع بشري، وحيث إنها كذلك فإنها في نهاية المطاف غير قابلة للتنبؤ بها أو التحكم فيها، ولكننا لاحظنا مرات ومرات أنه فور ظهور الابتكار إلى الوجود حتى يتبين لنا أن عمليات الابتكار والتطور التي يتحول من خلالها وبواسطتها الابتكار إلى تقنية ناجحة؛ إنما هي عمليات مشروطة في أساسها بالمنبت والبيئة، وأن النجاح إلى حد كبير رَهْن توافر موارد اقتصادية ومهارات حرفية، وعوائد ملائمة لمنظمي المشروعات مثلما هو رهن البراعة التقنية. علاوة على هذا فقد استهوتنا بشكل خاص آلية «السقاطة والترس المسنَّن»، أو التطور المتداخل الذي يشبه أسنان التروس في ترابطها وتدرجها، والتي تَظهر بين الحين والآخر كآلية فاعلة مؤثرة فيما بين التطورات التقنية المتزامنة. وهكذا فإن ظهور ابتكار ناجح في مجال ما يمكن أن يُشكِّل دافعًا نافعًا يستحثُّ تطورًا آخر مغايرًا. مثال ذلك الطريقة التي خَلَقت بها التكنولوجيا الناضجة للقوة المحركة البخارية أساسًا آمنًا لتكنولوجيا جديدة، هي تكنولوجيا الاحتراق الداخلي. أو مثال آخر؛ الطريقة التي أفادت بها شبكة توزيع القوى المحركة الكهربائية في ظهور وتطور صناعة الإلكترونيات؛ إذ يوضح لنا هذا طبيعة العلاقة المشتركة، ويفيد بأن ثمة قَسَمة حاسمة تميز البيئة الملائمة، ألا وهي قابليتها للخبرة التِّقانية ذات الصلة وانفتاحها عليها. ويلزم عن هذا أن الصورة المجازية لآلية الترس والسقاطة لا تَصدُق فقط على المصنوعات ذاتها، حتى وإن أكدت هذه أوضح نقاط التشابك بين القديم والجديد من أشكال التطور، ولكنها تَصدُق بالقدر نفسه أيضًا على الوسط الاجتماعي حيث يحدث التشابك؛ تعليم الصناع

البارعين المعنيِّين بالصناعة، وقدراتهم على التواصل فيما بينهم، ودرجة التحكم في هذا التواصل من جانب العوامل الاجتماعية أو المتطرفة أو التشريعية أو السياسية.

وعلى الرغم من أن بالإمكان وضع تحديد عام لهذه الحزمة من العوامل التي تؤلف بيئة اجتماعية ملائمة للابتكار التقني فإننا اعترفنا بأن وجودها ليس جوهريًّا لتحديد استخدام التكنولوجيا، واعترفنا أيضًا بأن بعض الانتهاكات المروعة للاستخدامات التكنولوجية وقعت عندما امتلكت النُّظم الدكتاتورية الوحشية الوسائل التقنية، وسخَّرتها لأهدافها الخاصة الشريرة. وأفضى بنا هذا إلى التفكير في ضرورة توافر شكل ما لمجتمع عالمي له سلطات دولة عالمية من شأنها رصد وقوع مثل هذه الانتهاكات، وأيضًا تعميم الوسائل اللازمة للحيلولة دون تكرارها، وأعربنا عن أملنا — إذا ما تيسر اتخاذ إجراء للحماية الذاتية الجمعية عن طريق نظام دولي — في أن يصبح بالإمكان التصدي لمشكلات الانفجار السكاني، وعدم التكافؤ في الثروات بين الأمم، وهي مشكلات تمثل خطرًا على الاستقرار العالمي. وحيث إن الابتكار الثقافي رهن، في نهاية المطاف، بالفرد فقد أقررنا أيضًا بأن أي مواجهة متضافرة للمعضلة التكنولوجية رهن بالفرد كذلك؛ ولهذا فإن العامل الضروري هنا هو الحافز الإنساني، وإن أوضحنا ما يكتنفه من شكوك. ونعود ثانيةً لنطرح السؤال؛ بعد أن يتحقق لنا موضوعيًّا الهدف الذي حدده بيكون للإنسان، وهو السيطرة على الطبيعة، يغدو السؤال: ما الهدف الذي نريد أن نسخِّرها من أجله؟

ثمة إجابات كثيرة محتملة على هذا السؤال، ولكنها تتوزع بين فئتين عامتين؛ إجابات تنصبُّ على اختيار أهداف قصيرة الأمد للمتعة والسعادة، وإجابات تؤكد على أهداف بعيدة المدى مع الاستعداد للتخلي عن مكاسب مباشرة لمصلحة منافع أعظم آجلة. وتنزع النظرة قصيرة المدى إلى تعزيز التكهنات المتشائمة لدعاة الحتمية التكنولوجية؛ نظرًا لأن أصحابها يُفيدون من الفرص المتاحة للانغماس في المُتع الذاتية التي هيَّأتها لهم الثورة التكنولوجية دون أي محاولة لتوجيه مسارها. وهكذا، فحين تنعدم المبادئ الأساسية لعملية السيطرة والتحكم فإن قوة الدفع للتطور التكنولوجي يكون لها منطقها الخاص. ولكن نجد من ناحية أخرى أن النظرة طويلة الأمد تحدد أهدافًا خاصة للتطور التكنولوجي، وتحاول التحكم في التكنولوجيا في توافق مع هذه الأهداف، وتستلزم هذه الأهداف الالتزام والتفاني وصدق العزم من جانب الأطراف المعنيَّة، وقد تكون أهدافًا خادعة على نحو ما كانت البرامج السياسية الكثيرة للمجتمعات الطوباوية. والجدير ذكره أن قوة الدفع في مثل هذا الاتجاه ليست بالأمر الهين اليسير؛ ذلك لأن دعامتها الوحيدة ثقة في المستقبل مع درجة

من نكران الذات وضبط النفس في الحاضر، ولكننا نُولِي أهمية قصوى للسعي الجاد في سبيل الاهتداء إلى مخرج حقيقي ننجو به من مأزق المعضلة التكنولوجية، وأن تتوافر عوامل التشجيع على ذلك. ونؤكد بوجه خاص أننا لكي نواجه المستقبل بأمل حقيقي حريٌّ بنا أن نتحلى بإحساس بأن التكنولوجيا لها رسالة إنسانية.

وتتضمن الرسالة الإنسانية للتكنولوجيا ثقة في الرشاد والإبداعية الإنسانيَّين. وتهدف الرسالة إلى توجيه موارد الثروة التكنولوجية صوب حل المشكلات الاجتماعية، مثل مشكلة الانفجار السكاني، وتفاوُت ثروات الأمم، ولكنها تفعل ما تفعل على افتراض أن الإنسان موجود بهدف السعي الجاد للمعرفة والْتِماس الحكمة التي هي ثمرة ذلك السعي. ونعرف أن بحوث البشرية الْتِماسًا للمعرفة في ذاتها ولمعرفة الكون مهمةٌ لا نهائية؛ ولذلك فإننا نستطيع أن ننهض بمهام بناء مصيرنا كنوع بشري قادر على تحصيل المعارف الجيدة والإفادة بها، ولكن شريطة أن ننهض أولًا بحل مشكلات المعضلة التكنولوجية المُلِحة والمباشرة. وثمة مشروعات مهمة وجاهزة الآن، وتحظى بقدر من الاهتمام، نذكر منها: مشروع الطاقم الوراثي «الجينوم» البشري لرسم خريطة البنية الوراثية للحياة البشرية، ومشروع تكنولوجيا الإلكترونيات الدقيقة وأشعة الليزر. وهناك أيضًا مشروع النهوض بالثروة الخضراء وتطويرها بهدف تحسين إنتاجية المحاصيل، والثروة الحيوانية، واكتشاف سبل لزراعة وحصد غلات الصحراء وقيعان الأرصفة القارية للمحيطات، والبحث عن طريقة للاندماج النووي وغيرها من موارد الطاقة غير الملوِّثة، والقائمة طويلة لا تنتهي. وبعد هذا كله هناك قَدَر الإنسانية في أن تستكشف الكون، وهذا هو أعظم أهداف الرسالة التكنولوجية، سواء من حيث نطاقها أو من حيث ما تنطوي عليه من إمكانات لإغناء الخبرة البشرية.

وإن أي فكرة عن «غزو الفضاء» هي ضرب من الخداع، لأن الفضاء المحيط بالكون المشاهَد رَحْب جدًّا، بحيث لا يمكن أن تتأتَّى القدرة لنوع الإنسان العاقل الضعيف أن يهزمه، ولكن لهذا السبب أيضًا يتعيَّن استكشافه، ثم إن وسائل النهوض بهذا الاستكشاف أصبحت متاحة خلال النصف الثاني من القرن العشرين، في تزامن واضح مع اللحظة التي اشتدت فيها حِدة المعضلة التكنولوجية. ونعرف أن خيال الإنسان، حتى قبل أن تتهيأ له هذه الوسائل، تجاوز أقطار الحياة الأرضية، فهناك جول فيرن الذي تخيَّل مدفعًا عملاقًا قادرًا على أن يطلق قذيفة فائقة السرعة، بحيث يمكنها الإفلات من جاذبية الأرض في رحلة إلى القمر. واقترح إتش جي ويلز استخدام دهان مضاد للجاذبية لتحقيق

الهدف ذاته. وها نحن الآن طرحنا جانبًا المدفع العملاق كوسيلة لحل المشكلة التقنية الخاصة بالانطلاق إلى أجواز الفضاء، كما أن الدهان المضاد للجاذبية لم يبتكره أحد بعد، واستطعنا أن نتجاوز عتبة السفر عبر الفضاء بفضل تكنولوجيا الصواريخ، خاصة الصواريخ متعددة المراحل. وترجع جذور الصاروخ إلى عمل نظري اقترحه العالم الروسي كونستانتين تسيولكوفسكي، وإلى عدد من التجارب الفاشلة في أمريكا وأوروبا، وشارك فيها علماء من أمثال إتش جودارد، والعالم الألماني المولود في رومانيا هيرمان أوبيرت في النصف الأول من القرن العشرين. وهذا هو السلاح في٢ المعروف باسم «سلاح الانتقام الثنائي» الذي طوَّره هتلر في الحرب العالمية الثانية. وكان هناك فريق من المهندسين البارعين يعملون تحت إشراف فرنر فون براون في منطقة بينيموند على جزيرة يوزدوم في بحر البلطيق. واستحدث هذا الفريق صاروخًا ينطلق بقوة دفع ناتجة عن احتراق الكحول والأكسجين السائل، وبلغ الصاروخ ارتفاعًا تجاوز المائة ميل، وكان باستطاعته أن يحمل رأسًا محشوًّا شحنةً مروِّعة شديدة الانفجار لقصف لندن وأهداف أخرى في جنوب شرق إنجلترا، ولكن الحرب انتهت قبل أن تكتمل كل الإمكانات الخاصة بهذا الصاروخ، غير أن الخبرة انتقلت (ومعها فون براون) إلى أمريكا، وكذا إلى الاتحاد السوفييتي السابق، وهكذا أَرْست هاتان القوتان العُظمَيان الأساسَ لبرامج تطوير الصواريخ.

وهكذا جاء ميلاد عصر الفضاء، وهكذا أيضًا بدأ سباق الفضاء، وأجرى علماء التكنولوجيا العسكرية في كلٍّ من أمريكا وروسيا تجارب على ما تبقى من سلاح الانتقام في٢. وشَرَعوا في وضع تصميمات لصواريخ متعددة المراحل خلال العقد التالي للحرب العالمية الثانية، بينما وقف كُتَّاب الخيال العلمي في خط مُوازٍ للابتكارات المذهلة يتأملون الإمكانات المتاحة بفضل التكنولوجيا الجديدة. وتصوَّر آنذاك أرثور سي كلارك في بريطانيا التفاصيل التقنية لشبكة اتصال عبر الأقمار الاصطناعية. وفي الرابع من أكتوبر العام ١٩٥٧م استقبل الأمريكيون برعب شديد إطلاق الروس للقمر سبوتنيك١، وهو أول قمر اصطناعي أمكن وضعه بنجاح في مدار حول الأرض. كان القمر مجرد كرة صغيرة تحمل حزمة من الأدوات وزنها ٨٣كجم، تُصدِر لاسلكيًّا صوتًا متتابعًا «بيب» إلى من يتابعون القمر على الأرض وينصتون إلى الصوت الصادر عنه، ولكنه أيضًا كان علامة على امتلاك الروس ناصية التقنيات اللازمة لسرعة الإفلات من جاذبية الأرض بواسطة صاروخ يحرق مرحلتين أو ثلاث مراحل على التوالي. ورصدت الولايات المتحدة على الفور موارد مالية ضخمة لِلَّحاق بهذه المبادرة الروسية، ولكن كان لا بد أن يمضي عقد كامل لكي يتحقق هدفها هذا، وإن ظلت الهيمنة للتكنولوجيا الروسية آنذاك.

ويمكن وصف سباق التسلح بقولنا إنه مر بمراحل زمنية ولكنها متداخلة؛ حيث انتصر الروس خلال المرحلتين الأُوليَين، بينما انتصر الأمريكيون في المرحلتين التاليتين. وعُنِيت المرحلة الأولى بزيادة إطلاق الصواريخ لوضع أقمار اصطناعية أكبر حجمًا وأكثر تعقيدًا في مدار حول الأرض، كما عُنِيت أيضًا باستكشاف استخداماتها المحتملة في الاتصالات اللاسلكية والأرصاد الجوية، والمسح الطوبوغرافي والجيولوجي، ورصد المعلومات العسكرية. وتميزت المرحلة الثانية بأنها مرحلة رحلات فضاء مأهولة تحمل رُواد فضاء. وبدأت برحلة رائد الفضاء السوفييتي يوري جاجارين في ١٢ أبريل ١٩٦١م، والدوران في مدار حول الأرض في مركبة الفضاء فوستوك١، وأثبتت رحلته السيطرة على مشكلات معقدة تتعلق بانعدام الوزن والعودة الآمنة عبر الغلاف الجوي للأرض. وتَبِعتها سلسلة من رحلات الفضاء للاتحاد السوفييتي والولايات المتحدة الأمريكية تكررت فيها تقنيات الالتقاء والالتحام في الفضاء. واتجهت تكنولوجيا الفضاء الروسية آنذاك إلى التخصص في بناء محطات فضاء أكثر تعقيدًا، بحيث يستمر رُواد الفضاء في أداء مهامِّهم لمدة تصل إلى العام في مرحلة واحدة والقيام بعمليات إنشائية خارج المحطة.

وعُنِيت المرحلة الثالثة باستكشاف القمر، وفيها تقدمت أمريكا أخيرًا على التكنولوجيا الروسية، ولكن المرحلة بدأت بإنجاز روسي آخر بإطلاق لونيك١ في ٢ يناير العام ١٩٥٩م، وكانت هذه أول مركبة فضائية تُفلِت من مجال جاذبية الأرض، وتمر في طريقها إلى جانب القمر لتدخل مدارها حول الشمس. وعرف الإنسان لأول مرة خلال هذه الرحلة صورًا عن الوجه الآخر من القمر المتجه دائمًا بعيدًا عن الأرض بحيث لا نراه. وكشفت الصور عن مجموعات نمطية من فُوَّهات البراكين، وعدد من «البقاع الداكنة» الناعمة أقل من الموجود على الجانب المرئي لنا. وصورت الرحلات التالية سطح القمر، ودارت حوله في ٣ فبراير العام ١٩٦٦م، وهبطت بعد ذلك هبوطًا ناجحًا سلسًا، ولكن الأمريكيين كانوا حتى هذه اللحظة في موضع اللحاق، ويُجْرون عمليات بارعة للتصوير الفوتوغرافي لسطح القمر طبقًا لبرنامجَيهم «رانجر» و«أوربيتر» Ranger & Orbiter، وفي ٢ يونيو العام ١٩٦٦م هبطت مركبة الفضاء الأمريكية سير فويور١ على سطح القمر. وتزايد آنذاك وباطراد حجم وقوة عمليات إطلاق الصواريخ. وبحلول أواخر السبعينيات نجحت الولايات المتحدة في إطلاق الصاروخ العملاق ساتورن-في الذي يبلغ ارتفاعه ١٠٨ أمتار. وهكذا تهيأت للولايات المتحدة فرصة الشروع في إطلاق سلسلة أقمارها أبولُّو التي تحمل كبسولات مصمَّمة لنقل ثلاثة رواد فضاء إلى القمر والعودة بهم، بدلًا من محولة هبوط

الثلاثة معًا والعودة من على سطح القمر. كان مقررًا لها أداء مناورة معقدة وبارعة بحيث تهبط مركبة وينطلق الجزء العلوي حاملًا اثنين من رواد الفضاء لِلَّحاق بالعضو الثالث من الفريق، الذي بقي وحده في مدار حول القمر داخل المركبة الأم. ونجحت الخطة نجاحًا باهرًا في ٢٠ يوليو العام ١٩٦٩م، عندما خرج نيل أرمسترونج وإدوين ألدرين من المركبة القمرية الملحقة بمركبة الفضاء أبولُّو٢، وكانا بذلك أول اثنين من البشر يطآن بأقدامهما سطح القمر. وتمت بعد ذلك خمس حالات هبوط ناجحة أخرى على سطح القمر، ومحاولة واحدة فاشلة (أبولُّو١٣ التي نجت في اللحظة الأخيرة من كارثة محقَّقة عندما انفجرت خزانات الوقود بها)، وبعد ذلك توقف البرنامج. ويرجع ذلك جزئيًّا إلى أسباب اقتصادية؛ نظرًا للتكلفة الهائلة التي يتكلفها برنامج بعثات الفضاء. ويكشف هذا أيضًا عن حقيقة، مُؤدَّاها أن برنامج الفضاء السوفييتي لم يبذل أي محاولة لمنافسة الأمريكيين في عمليات استكشاف القمر بواسطة مركبات فضاء مأهولة.

وبينما كانت هذه المراحل الثلاث مستمرة بدأت المرحلة الرابعة غير المحددة النهاية لاستكشاف الفضاء، وذلك باستخدام المركبات الفضائية لبحث ودراسة الكواكب الأخرى في المجموعة الشمسية وخارجها. وكان كوكب الزهرة (فينوس) أول ما اتجهت إليه الأنظار باعتباره الأقرب إلى الأرض. وأُطلقت سفينة الفضاء الأمريكية مارينر٢ في ٢٧ أغسطس العام ١٩٦٢م، ومرَّت بالقرب من فينوس في ديسمبر من العام نفسه. وأعقبتها رحلات عدة بمركبات فضائية أخرى روسية وأمريكية، انطلق بعضها إلى مدار حول كوكب الزهرة، وهبط بعضها الآخر على سطحه. وأثبت مجموع نتائج هذه الرحلات الاستطلاعية بما لا يدع مجالًا للشك أن كوكب الزهرة يحيط به غلاف غازي لا يتلاءم أبدًا مع الحياة المعروفة لنا على سطح الأرض، وأن درجة حرارة سطح الكوكب ٩٠٠ درجة فهرنهايت، وهو ما يعني أن أي مجسات لدراسة سطح الكوكب لن تعمل إلا فترة قصيرة جدًّا. ومع هذا استمرت دراسة القَسَمات المميزة لسطح كوكب الزهرة الذي تحيط به دائمًا سحابة تَحُول دون رصدنا له، وأنجزنا حصادًا وافرًا من المعارف العلمية عن الكوكب، وعن آليات الغلاف الغازي المحيط به.

وتُجري الولايات المتحدة، وحدها حتى الآن، عملياتِ استكشاف لكوكب المريخ بواسطة سلسلة من رحلات الفضاء للمركبة مارينر ومجسات الفضاء فايكنج. وسبق أن أرسل السوفييت مجسات فضاء في اتجاه كوكب المريخ، ولكنها فشلت في العمل بصورة مُرْضية. وفي العام ١٩٦٥م انطلقت سفينة الفضاء مارينر٤ ومرَّت بجانب الكوكب، وأَجْرت مسحًا

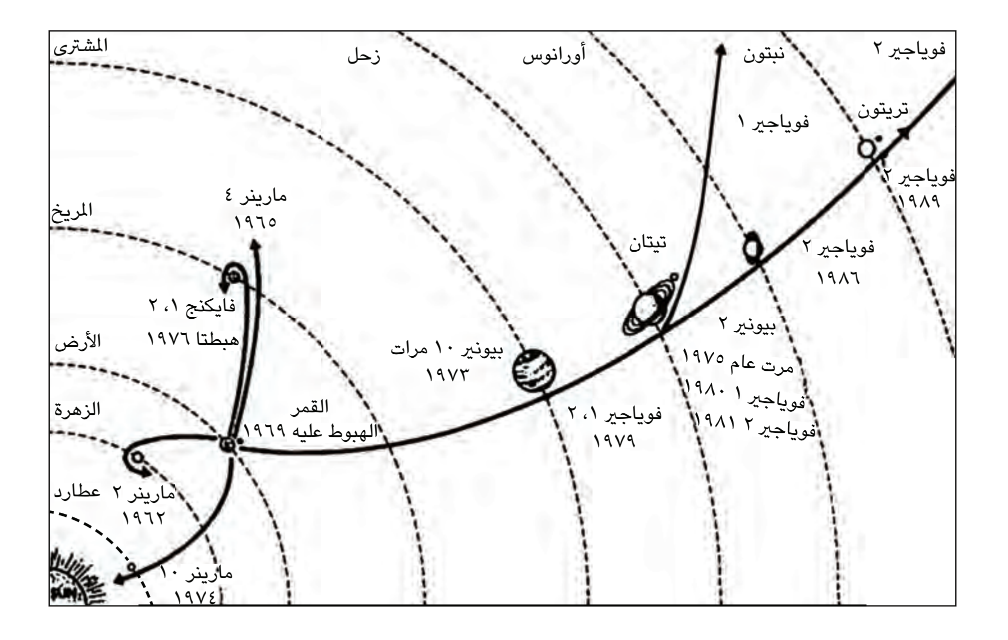
فوتوغرافيًّا أوليًّا، وعرضت اكتشافًا مذهلًا يبيِّن أن الجزء الأكبر من سطحه يماثل إلى حد كبير صورة فُوَّهات البراكين الكثيفة الموجودة على سطح القمر، ولكن بدا الأمر أقل مدعاة للدهشة عندما اكتشف العلماء أن سطح الكوكب عطارد وأسطح غالبية الكواكب الأخرى المحيطة بالكواكب العملاقة متماثلة من حيث العلامات المذكورة. وتحقق العلماء من أن المجموعة الشمسية في عهدها الأول تساقطت عليها بالضرورة كُتل من الفضاء الخارجي، ولكن الشواهد الدالة على ذلك مَحَتها العواصف النشطة. ويحيط بالمريخ غلاف غازي رقيق، ومن ثم فإن حركة العواصف حوله ضعيفة. وهذا هو السبب في أن آثار القصف الفضائي لم تُمحَ تمامًا. وظل الأمل يراود العلماء حتى العام ١٩٦٧م في العثور على شكل من أشكال الحياة، وذلك عندما أُطلقت سفينة الفضاء فايكنج، وهبطت على سطح كوكب المريخ لالتقاط صور وإجراء تحليلات كيميائية لعيِّنات من التربة. وكان البرنامج يهدف إلى تسجيل وجود مواد عضوية أو بقايا لمواد عضوية فوق سطح الكوكب، ولكن الاختبارات واجهت مشكلات ميكانيكية، وإن جاءت النتيجة سلبية. وهكذا وضح أن المريخ — شأن الزهرة — لا حياة فيهما، ولكنهما لا يزالان يستحوذان على اهتمام العلماء.

وبحلول ثمانينيات القرن توقف عمليًّا سباق الفضاء؛ ذلك أن الروس ركزوا على برنامج شاق يهدف إلى تعزيز قدرة التحمل عند رواد الفضاء الروس، وذلك ببقائهم فترات طويلة في محطات الفضاء مير. ووجَّه الأمريكيون بعض اهتمامهم لإقامة محطة فضاء دائمة في مدار حول الأرض، ولكن وُضع البرنامج على الرف بسبب كلفته الباهظة، علاوة على أنه غير عملي، غير أن وكالة الفضاء الأمريكية ناسا التي لم تفتأ تتلقى دعمًا كبيرًا من دافع الضرائب الأمريكي ركزت بدلًا من ذلك على وضع تصور لطريقة اقتصادية أكثر، ومن ثم خصصت مواردها لإطلاق مكوك الفضاء، وصُممت هذه المركبة الفضائية بحيث يمكن إطلاقها كصاروخ، ثم تتخلص من خزانات الوقود الفارغة قبل الدخول في مدارها، ثم تعود إلى الغلاف الجوي بوسائل تكفل التحكم في عملية الهبوط، ولكن المكوك كشف عن كثير من المشكلات الحادة، غير أنه عمل بعد ذلك بطريقة سلسلة، وأدى مهام ذات شأن كبير كمركبة فضائية تعمل بانتظام وفي غاية المتانة. وظل كذلك إلى أن وقعت كارثة المكوك شالنجر الذي انفجر في الجو بعد إطلاقه في ٢٨ يناير العام ١٩٨٦م، وأدى إلى مصرع ملَّاحيه السبعة، وكانت هذه الحادثة ضربة قاسية اهتزت معها ثقة الأمريكيين في برنامجهم الفضائي، مما أتاح الفرصة لتطور تكنولوجيات الصواريخ التقليدية الروسية، وبرنامج الصاروخ آريان الأوروبي، بل برنامج الفضاء الصيني، ولكن يبدو يقينًا الآن

أن المستقبل على المدى الطويل لاستكشاف الفضاء سوف يعتمد على تقنية المكوك القابل للاستعمال مرات عدة، مما يجعلنا نعتقد أن مثابرة الأمريكيين على هذه التقنية سوف تُكلَّل بالنجاح، وتحقق نتائج مثمرة.

وفي هذه الأثناء أفادت مركبات الفضاء في متابعة عديد من مسارات البحوث المتباينة والمشجعة، وأمكن إجراء مسح منهجي للكواكب القريبة من المركز ورسم خريطة لها، علاوة على دراسة المجالات المغناطيسية والتيارات الشمسية المكوَّنة من جُسيمات متأيِّنة. وعندما اقترب المذنَّب هالي من الشمس العام ١٩٨٦م، قاطعه المجسُّ جيوتو الذي مرَّ عند رأس المذنَّب تمامًا، وأرسل عددًا من الصور التي تكشف عن طبيعة بنيته. وأطلق تليسكوب الفضاء هابل العام ١٩٩٠م. وعلى الرغم من مشاعر الإحباط الأولى بشأن دقة المرايا الرئيسية العاكسة، فإنه بدا بعد ذلك واعدًا بالكثير، وأرسل عمليًّا معلومات عن أجرام سماوية بعيدة لم يكن بإمكان الإنسان رصدها من على سطح الأرض بسبب الكميات الهائلة من الإشعاعات الضوئية التي يمتصها الغلاف الجوي للأرض. ونفَّذ رجال الفضاء الروس برنامجًا صارمًا يعتمد على عمليات فضائية مأهولة استهدفت اختبار قابلية الجسم البشري للتكيف مع رحلات الفضاء الطويلة، وكان الهدف المقصود من وراء ذلك القيام برحلة إلى المريخ إذا ما أمكن التغلب على جميع المشكلات.

ولعل أكثر الخطوات الأولية إثارةً التي مهدت لكي يأخذ الإنسان طريقه إلى النجوم تمثلت في مهام مجسات الفضاء العميق فوياجير١، وفوياجير٢. وأَطلقت هذين المجسين وكالةُ الفضاء الأمريكية ناسا العام ١٩٧٧م. وأمضى المجسان اثني عشر عامًا في استكشاف الكواكب العملاقة الموجودة خارج المجموعة الشمسية، وأرسلا صورًا مذهلة عن هذه الكواكب والأقمار التابعة لها. ووصلت أول الأمر في العام ١٩٧٩م صور عن كوكب المشترى وغلافه الغازي العاصف، ومجاله المغناطيسي القوي، وعن هالة كوكبية رقيقة لم تكن معروفة من قبل، علاوة على مجموعة من الأقمار المتنوعة بصورة مثيرة ابتداءً من القمر «جانيميد» المليء بفُوَّهات البراكين، والقمر أوروبا المغطَّى بطبقة من الثلج، وحتى الجحيم البركاني للقمر «يو»، وهو القمر الأقرب إلى المركز. وفي العامين ١٩٨٠م و١٩٨١م مرَّت المركبتان فوياجير١ وفوياجير٢ بالقرب من كوكب زحل، وأعطَيَتا شواهد مثيرة عن بنية مجموعة الهالات المحيطة به، وسرب الأقمار التابعة له. وانحرفت المركبة فوياجير١ عمدًا بعيدًا عن مستوى المجموعة الشمسية بغية المرور بالقرب من القمر تيتان؛ أكبر أقمار زحل. وتبيَّن أن هذا القمر يحيط به غلاف غازي سميك من غاز الميثان، مما يجعله في



شكل ١٤-١: استكشاف المجموعة الشمسية (المدارات والكواكب ليست مرسومة وفق مقياس رسم واحد).

حالة إظلام تام. وواصل المجسُّ فوياجير٢ رحلته إلى أعماق الفضاء، ومر في العام ١٩٨٦م بالقرب من الكوكب أورانوس ورصد الهالات الرقيقة المحيطة به ومجموعة الأقمار التي تدور حوله في مدارات منحرفة غريبة. وفي العام ١٩٨٩م مر المجسُّ بالقرب من الكوكب نبتون؛ آخر أهداف رحلته، وتبيَّن أنه كوكب أزرق مثير يحيط به غلاف غازي نشط، ويدور حوله أكبر الأقمار تريتون الذي كان أكثر إثارةً للدهشة؛ ذلك لأنه هنا على حافة المجموعة الشمسية يوجد عالم يحيط به غلاف غازي رقيق، وثورة بركانية نشطة فوق سطحه. وكانت هذه هي نهاية ملائمة لرحلة أثبتت القوة السحرية للتكنولوجيا وتطورها الفائق، والتي أيضًا غيرت تمامًا من معارفنا العلمية عن عوالم المجموعة الشمسية.

ومع هذا لم يكن كل ما سبق إيذانًا بختام الرحلة؛ إذ إن المجسَّين فوياجير١ وفوياجير٢ لا يزالان منطلقَين في رحلتهما خارج المجموعة الشمسية بعد أن زادت سرعتهما بفضل المجال المغناطيسي لكلٍّ من الكوكبَين العملاقَين عندما مرَّا بهما. ويحمل المجسَّان

رسائل مشفرة لأي كائنات عاقلة تصادفهما في وقت ما، وفي مكان ما مستقبلًا، بينما الرحلة ماضية في طريقها عبر الفضاء بين النجوم، ولكن خروجهما عن نطاق المجموعة الشمسية يمثل نهاية هذه المرحلة من استكشاف الفضاء. وهكذا اكتملت الخطوات الأولى، واغْتَنت بفضلهما كثيرًا معلوماتُنا عن المجموعة الشمسية، وانفتحت مجالات مثيرة للبحث والدراسة خلال الفترة المقبلة. ولقد انتهى سباق الفضاء، وأصبح لزامًا أن نتطلع إلى الأمام بغية التعاون الوثيق بين العناصر المشاركة الرائدة في مجال استكشاف الفضاء ضمانًا لتوفير أكثر الجهود والمناهج فعالية لهذه الدراسة؛ إذ تنتظرنا هناك على الطريق المُوصِّل إلى النجوم بعضُ الأهداف العظمى المنوطة بالرسالة التكنولوجية؛ مفاتيح ومعلومات أساسية لفهم طبيعة الكون، وبنية المادة، وأصل الحياة، ومعنى الزمان. ونحن على يقين — إذا ما التزمنا مواصلة الجهد البحثي بدقة ويقظة — من أننا سوف نتلقى صورًا لحياة عاقلة. وإنها لمهمة ساحرة آسرة، وجديرة بأن نرصد لها جميع الموارد اللازمة التي هي في مقدور البشرية من عقل وروح.

والجدير ذكره أنه كانت هناك اعتراضات كثيرة على هذا البرنامج الخاص باستكشاف الفضاء، وليس من الحكمة في شيءٍ النظرُ إليها وكأنها أمر تافه أو غير ذي شأن. كان هناك أولًا اعتراض أثار صخبًا شديدًا، ويتعلق بكلفة بحوث الفضاء، ولكن حريٌّ أن نلحظ أن دافع الضرائب الأمريكي صاحب صوت ديمقراطي، وهو الذي يتحمل أي عبء جديد، وقد عانى طويلًا معاناةً مذهلة فيما يتعلق بالإنفاق في هذا المجال، ولكن النقد أجبر المسئولين على وضع القضايا الاقتصادية في الحسبان. ومن هنا ظهرت محاولات لتطوير مكوك قابل للاستعمال مرات ومرات بدلًا من إطلاق صاروخ باهظ التكلفة ليتبدد تمامًا بعد مرة واحدة، وأُسدل الستار على البرنامج في لحظات النُّدرة المالية الحادة. ولاحظ المعارضون أيضًا أن برنامج وكالة الفضاء ناسا أصبح وثيق الارتباط بالنفقات الدفاعية، وأنه عند التفكير الجاد في مبادرة الدفاع الاستراتيجي (المعروفة باسم حرب النجوم) بدت هذه العلاقة وثيقة جدًّا بالفعل. وبات واضحًا أن سباق التسلح إجمالًا هو في النهاية امتداد للحرب الباردة ونتاج لها، لذلك فإنه حين خفَّت حِدة هذا النزاع العام ١٩٩٠م بدأ التفكير في الحد من الالتزام ببحوث الفضاء. ولعل أقوى الاعتراضات وأكثرها تعبيرًا هو الحُجة الداعية إلى توفير أموال برنامج الفضاء لاستخدامها في أعمال ذات نفع فوري ومباشر، مثل تخفيف حدة الجوع والفقر في العالم. ونحن ندرك عن يقين أن مواصلة بحوث الفضاء لا تقوم أبدًا مبررًا لعدم تطوير برامج إنسانية أيضًا. الأمران ضروريان،

وكلٌّ منهما يدعم الآخر، بل أهداف كلٍّ منهما من الناحية المثالية أهداف واحدة، وهي السعي لضمان بقاء النوع البشري بفضل اكتساب أكبر قدر من المعارف التي تتوافر لنا من خلال فهم أكثر عمقًا لطبيعة الكون.

وهكذا، فعلى الرغم من تعقُّد عمليات الثورة التكنولوجية، وما أثارته من مشكلات تتحدى الإنسانية، والتي تمثلت في صورة المعضلة التكنولوجية؛ فإن هذه الثورة فتحت آفاقًا لحلول ممكنة من شأنها، إذا ما التزمنا بها، أن تحدد لنا الاتجاهات والأهداف التي ييسرها لنا إمكان حسم المشكلات المباشرة للعالم الحديث، وأن نستلهم الرسالة الإنسانية للتكنولوجيا التي تُيمِّم بنا بحزم صوبَ المستقبل وآفاق النجوم. إن وَضْعنا التاريخي منوط بمسئوليات هائلة، بيد أن جيلنا محظوظ إذ يعيش عند مُفترَق طرق فريد غير مسبوق في الخبرة البشرية. فالآفاق — على الرغم من جميع الأخطار — رحبة وعظيمة ومفعمة بالأمل. ونحن نعرف أن التنبؤ بالمستقبل ليس عمل المؤرخين، ولا حتى مؤرخي التكنولوجيا، ولكن هذه هي الخاصية الفريدة المميزة للوضع العالمي في نهاية القرن العشرين؛ إذ إن القسط الأكبر من الإنجازات إنما تحقق، وخلال فترة زمنية قصيرة، بفضل الذكاء التكنولوجي. وهذا هو ما يبرر بعض المحاولات التي استهدفت التنبؤ بالمستقبل. وأيًّا كان ما سيحدث خلال العقود القليلة القادمة، فإن الشيء المؤكد أن الثورة التكنولوجية سوف تستمر في إحداث تأثيرها المذهل، وستكون لها نتائج بعيدة المدى بالنسبة لكوكبنا، وبالنسبة للبيئة واستمرارية حياة البشرية. وختامًا، فإن نجاحنا أو عدم نجاحنا في ضمان اطراد بقاء البشرية على قيد الحياة إنما هو رهن استعدادنا من أجل اطراد البحث الْتِماسًا للمعرفة والفهم، وهذا كله نابع من طبيعة الروح التي نلتزم بها في معالجة مهامَّ عظيمةٍ وهائلة تختص بالتعليم، وفيما نبذله من جهد شاق لجمع الشواهد والبيِّنات، وفي الالتزام بتقييم حكيم حصيف نختار على هَدْيه ما هو صواب دون الخطأ. إن البحث الْتِماسًا لمعرفة الذات — شأنه شأن الرحلة عبر الفضاء إلى النجوم — لا نهاية له، ولكن خبرة الثورة التكنولوجية هي التي جعلت كلًّا من الرحلة والبحث أمرَين جديرَين بكل اعتبار.

ثَبت المصطلحات والأعلام

أ

أعمدة مناولة علوية	Shafting
إديسون، توماس ألفا	Edison, Thomas Alpha
آركرايت، ريتشارد	Arkuright, Richard
أركيولوجيا	Archaeology
أرمسترونج، نيل	Armstrong, Neil
أسطوانة التشغيل	Working Cylinder
أسطوانة عامودية	Upright Cylinder
إشعال ذاتي	Self-ignition
إطار الغَزْل	Spinning frame
أفران عالية الحرارة/أفران الصهر	Blast furnance
اقتصادات وفورات الحجم الكبير	Economy of large Scale
إلكترونيات	Electronics
آلة الترس والسقاطة (آلية التطور المتداخل)	Ratchet mechanism
أنبوب أشعة الكاثود	Cathode ray tube
أوتو، إن إيه	Otto, N. A
أوراسيا	Eurasia
أورويل، جورج	Orwell, George
إيفانز، أوليفر	Evans, Oliver

إيلول، جاك	Ellul, Jacques
ابتكار	Invention
الأوزون	Ozone
الإنسان العاقل	Homo Sapiens
الإنسان العاقل الأول	Hominid
الاحتباس الحراري، ظاهرة الدفيئة	Green-house effect
الاحترار الأرضي	Global warming
الالتحام النووي	Nuclear fusion
الانشطار النووي	Nuclear fission
دورة أوتو	Otto Cycle

ب

باباج، شارلس	Babbage, Charles
بادئ الحركة الذاتي	Self-starter
بارسونز، سير شارلس	Parsons, Sir Charles
بازالا، جورج	Basalla, George
بازالجيت، سير جوزيف	Bazalgette, Sir Joseph
باسي، أرنولد	Pacey, Arnold
بايكلاند، إل إتش	Baekeland, L. H.
براون، جون	Brown, John
براون، فيرنر فون	Braun, Werner Von
بسيمر، هنري	Bessemer, Henry
بنزل، كارل	Benz, Karl
بولتون، ماثيو	Boulton, Matthew
بولو، مارك	Polo, Marc
بيرد، جون لوجي	Baird, John Logie
بيري، هنري	Berry, Henry
بيكر، سير بنيامين	Baker, Sir Benjamin
بيكويل، روبرت	Bakewell, Robert

بيل، ألكسندر جراهام	Bell, Alexander Graham
بيل، هنري	Bell, Henry

ت

تايلور، فريدريك دبليو	Taylor, Frederick W.
تجديد	Innovation
تحديد الحِقَب الزمنية للأشجار	Dendrochronology
تحليل غبار طَلْع الأشجار	Pollen analysis
ترانزستور التماسِّ النقطي	Point-Contact transistor
تريفيثيك، ريتشارد	Trevithick, Richard
تريوالد، مارتن	Triewald, Martin
تسويط	Puddling
تسيولكوفسكي، كونستانتين	Tsiolkovsky, Konstantin
تشكيل الحرير	Silk-throwing
تصميم مُدمَج	Compact design
تصوير جافٌّ	Xerography
تقنيات	Techniques
تكسير البترول (بالتقطير التفاضلي)	Crack
تكنولوجيا	Technology
تلفورد، توماس	Telford, Thomas
التنضيد الضوئي للأحرف	Photo Composition
توالد تلقائي	Spontaneous generation
توربين بخاري	Steam turbine
توربين بخاري دفعي	Impulse steam turbine
توربين دفعي	Impulse turbine

ر

الرئيسات الراقية	Higher primates
رءوس قاطعة دوارة	Cutting heads
راتنج صناعي (الباكلايت)	Bakelite

رادار	Radar
رايت، أورفيل	Wright, Orville
رايت، ويلبور	Wright, Wilbor
رفَّاص	Propeller
رونتجن، فيلهالم كونراد	Rontgen, Wilhelm Konrad
رويبوك، جون	Roebuck. John
ريني، جون	Rennie, John

س

سافيري، توماس	Savery, Thomas
ساقية	Water–wheel
ساقية تُدار بالدفع السفلي	Under shot water–wheel
ساقية تُدار بالدفع العلوي	Over shot water–wheel
سترلنج، روبرت	Stirling, Robert
ستيفنسون، جورج	Stephenson, George
ستيفنسون، روبرت	Stephenson, Robert
السد الكتفي	Buttress dam
سد ثقالي (يقاوم ضغط المياه بفضل ثقله)	Gravity dam
سرعة اتجاهية	Velocity
السكك الحديدية الجوية	Atmospheric railway
سلاتر، صمويل	Slater, Samuel
سلسلة باكيات (امتدادات بين الدعامات)	Multiple–span chain
سمنتة (كربنة الفولاذ)	Cementation
سندات محمل كريات	Ball–bearing mountings
سوان، جوزيف	Swan, Joseph
سير التجميع	Assembly–belt
سيفرن (نهر)	Severn
سيكورسكي، إيجور	Sikorsky, Igor

ش

Shannon, Claude	شانون، كلود
Firing plug	شمعة الإشعال
Working stroke	شوط التشغيل
Power stroke	شوط القدرة
Schumacher, E.	شوماخار، إي

ص

Carboniferous Rocks	صخور كربونية
Valve	صمام
Thermionic tube (valve)	صمام ثرميوني
Aero-industry	صناعة الطائرات
Epicyclic gearbox	صندوق تروس تداويرية فوقية
Pharmaceutics	الصيدلة

ض

Rotary Compressor	ضاغط دوراني
Atmospheric pressure	الضغط الجوي
Coherent light	ضوء متلاحم

ط

Monoplane	طائرة أحادية السطح
Biplane	طائرة ثنائية السطح
Jet plane	طائرة نفاثة
Electrolytic method	طريقة التحليل الكهربائي (الإلكتروليتية)
Lead-chamber process	طريقة القيعان الرصاصية
Open-hearth process	طريقة المَجْمرة المكشوفة

ظ

Edison effect	ظاهرة إديسون
Ratchet effect	ظاهرة الترس والسقاطة (التطور المتداخل)

ع

عامود دوران المروحة	Propeller shaft
عامود مرفقي	Crank shaft
عزم الدوران	Torque
عصر البرونز	Bronze age
العصر الحجري	Stone age
العصر الحجري الحديث	Neolithic
عصر الحديد	Iron age
العصر النحاسي	Copper age

غ

غاز الاستصباح	Coal gas
غازات الكلورو فلورو كربون	Chlorofluoro Carbons

ف

فاراداي، ميشيل	Faraday, Michael
فراغ	Vacuum
فرن تسخين الهبوب	Hot-blast furnance
فرن عاكس	Reverberatory furnance
فورد، هنري	Ford, Henry
فولاذ البواتق	Crucible steel
فولاذ الفاناديوم	Vanadium steel
فولاذ طري	Mild steel
فولاذ منفط	Blister steel
فولتية	Voltage

ق

قابلية التكيف	Adaptability
قذيفة	Cannon ball
قذيفة متفجرة	Shell

ك

الكاثود (القطب السالب)	Cathode
كباس	Piston
كباس دوراني	Rotary piston
كرومتون، صمويل	Crompton, Samuel
كوبري العارضة الصندوقية	Box-grider bridge
كوبري نصف معلق	Cantilever bridge
كورت، هنري	Cort, Henry

ل

الليثوغرافية الضوئية	Lithography
لومب، توماس	Lombe, Thomas
لومب، جون	Lombe, John
لووري، إل إس	Lowry, L. S.
لينوتيب	Linotype

م

مازوت	Fuel-oil
مامفورد، لويس	Mumford-Lewis
مجال مغناطيسي	Magnetic field
مجموعة تروس تفاضلية	Differential gear
محرك أحادي الأسطوانة	Single-Cylinder engine
محرك أساسي	Prime mover
المحرك البخاري أحادي اتجاه الدفق	Uniflow engine
المحرك البخاري الترددي	Reciprocating steam engine
المحرك الدوار	Rotary engine
محرك الرفع	Winding engine
المحرك الكورنوولي	Cornish engine
المحرك الناري	Fire engine
المحرك النفاث	Jet engine

Atmospheric engine	محرك بالضغط الجوي
Steam engine	محرك بخاري
Reciprocating engine	محرك ترددي
Triple-expansion engine	محرك ثلاثي التمدد
High-compression oil-burning engine	محرك حارق زيتي عالي الانضغاط
Heat engine	محرك حراري
Internal Combustion engine	محرك داخلي الاحتراق
Enclosed forced-labrication engine	المحرك ذو التزييت القسري المغلق
Even gas-turbine engine	محرك ذو توربينة غاز مستوية
Four-Stroke engine	محرك رباعي الأشواط
Quadruple-expansion engine	محرك رباعي التمدد
Standard engine	محرك عياري
Noncompounded engine	محرك غير مركب
Compounded engine	محرك مركب
Turboprop	محرك مروحي توربيني
Transverse engine	محرك مستعرض
Ram jet	محرك نفاث ضغاطي
Aero-engine	محرك هوائي
Wankel engine	محرك وانكل
Hot-air engine	محرك يعمل بالهواء الساخن
Axile	محور الدولاب
Rear axile	محور خلفي
Convertor	محوِّل
Soundtrack	مدرج تسجيل الصوت على جانب الفيلم
Energy Gradient of Electricity	مدرج طاقة الكهرباء
Boiler	مرجل – غلاية
Sprinkler	مِرَشة
Caisson disease	مرض شلل الغواص

مرفاع برجي	Tower crane
مرفاع لولبي	Screw jack
مرفاع هيدرولي تلسكوبي	Hydraulic telescopic crane
مروحة تدوير	Driving fan
مسح	Scanning
مسح إلكتروني	Electronic scanning
معكوس-رأسي	Inverted-vertical
مفاعل ذري	Atomic pile
مفترض نظري	Theoretical construct
منظم يعمل بقوة الطرد المركزي	Centrifugal governor
المنفذ العوليسي، منفذ الرياح	Aeolipile
موجات راديو ارتدادية	Bouncing radio waves
موردوخ، وليام	Murdoch, William
مولِّد – دينامو	Dynamo
مولِّد توربيني بخاري	Steam turbo generator
مولِّد توربيني للتيار المتبادل	Turbo-alternator
ميلن، روبرت	Mylne, Robert

ن

النزعة الانتشارية	Diffusionism
النظام الحقلي الثلاثي	Three field-system
نظرة تطورية متداخلة	Ratchet view
نظرية الاحتمال المقابل	Counterfactual theory
نمط كابل التثبيت	Cable-stayed type
نيوكومن، توماس	Newcomen, Thomas

هـ

هارجريفس، جيمس	Hargareavs, James
هايردال، ثور	Heyerdahl, Thor
الهندسة الجزيئية	Molecular engineering

الهندسة الكيميائية	Chemical engineering
هوتيل، فرانك	Whittle, Frank
هيرو السكندري	Hero of Alexandria

و

وات، جيمس	Watt, James
وحدة تحويل القدرة	Power pack
وحدة توليد القوى أو القدرة	Power plant
وقود أُحفوري	Fossil fuel
الوقود الزيتي	Oil-fuel


هنداوي